



Maraîchage raisonné versus conventionnel au sud-Bénin : comparaison des impacts environnementaux, nutritionnels et socio-économiques

Projet MARAÎBÉNIN, financé par le Métaprogramme GloFoodS (<http://www.glofoods.inra.fr>)

Rédacteurs

Angel AVADI (CIRAD)

Richard HODOMIHOU (Université d'Abomey-Calavi)

Frédéric FEDER (CIRAD)

Date

Mai 2020

Citation

Avadí, A., Hodomihou, R., Feder, F. 2020. *Maraîchage raisonné versus conventionnel au sud-Bénin : comparaison des impacts environnementaux, nutritionnels et socio-économiques*. INRA et CIRAD, Métaprogramme GloFoodS (<http://www.glofoods.inra.fr>)

Table des matières

Table des matières	ii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	iv
Sommaire exécutif.....	vi
Contexte	vi
Méthodes	vi
Résultats et conclusions	vii
Analyse fonctionnelle	vii
Analyse économique	viii
Analyse sociale	viii
Analyse environnementale.....	viii
Analyse nutritionnel	viii
Analyse multicritère et conclusions	ix
Principaux enjeux/risques et recommandations pour le développement durable de la filière	ix
Questions pertinentes nécessitant une analyse plus approfondie	x
Abréviations.....	xi
1 Introduction.....	1
1.1 Contexte du projet.....	1
1.2 Gestion du projet.....	1
2 Méthodologie générale	3
2.1 Définition et portée des analyses.....	3
2.2 Collecte des données (WP 1.1 et 1.2).....	5
2.3 Échantillonnage et analyses de laboratoire (WP 1.3 et WP 1.4)	5
2.3.1 Sols.....	5
2.3.2 Fertilisants organiques	5
2.3.3 Eaux	5
2.3.4 Produits.....	5
3 Analyse fonctionnelle (WP 2.1)	6
3.1 Cartographie de la filière	6
3.1.1 Le continuum productif	6
3.1.2 Pratiques agricoles	8
3.1.3 Les autres acteurs de la filière	12
3.1.4 Répartition géographique.....	13
3.1.5 Biomes/disponibilité de l'eau	14
3.1.6 Flux matériels et économiques	15
3.2 Diagnostic technique	17
3.2.1 Performances (production)	17
3.2.2 Marketing, commerce	18
3.2.3 Consommation	18
3.3 Contexte techno-politique-commercial où la filière se déroule	18
3.3.1 Structure politique et initiatives gouvernementales.....	18

3.3.2	Initiatives régionales.....	20
3.3.3	Initiatives du secteur privé	20
3.3.4	Règles informelles	20
3.3.5	Contraintes : politiques et financières, éducationnelles, techniques	20
3.3.6	Gouvernance de la chaîne de valeur	21
4	Analyse nutritionnel (WP 2.2)	22
4.1	Résultats des analyses de laboratoire : teneurs en nutriments des produits	22
4.2	Revue documentaire : teneurs en nutriments des produits	23
5	Analyse environnementale (WP 2.3).....	24
5.1	Résultats des analyses de laboratoire : sols, fertilisants organiques, eaux.....	24
5.2	Introduction à l'ACV (objectif et portée).....	26
5.2.1	Limites du système	26
5.2.2	Unité fonctionnelle.....	27
5.2.3	Allocation.....	27
5.2.4	Méthodes d'impact environnemental.....	27
5.2.5	Interprétation	28
5.3	Inventaire du cycle de vie	28
5.3.1	Systèmes et hypothèses	28
5.3.2	Analyse de l'inventaire	30
5.4	Évaluation de l'impact sur le cycle de vie	32
5.4.1	Évaluation de l'impact absolu et relatif	32
5.4.2	Analyses de contribution et sensibilité.....	37
5.4.3	Comparaison avec d'autres études	38
5.5	Interprétation ACV	38
5.6	Score du profil environnemental.....	38
6	Analyse économique (WP 2.4)	39
6.1	Indicateurs économiques	39
6.2	Score du profil économique	41
7	Analyse sociale (WP 2.5).....	42
7.1	Indicateurs sociaux	42
7.2	Score du profil social	43
8	Analyse multicritère (WP 2.6).....	43
9	Conclusions et recommandations	45
9.1	Réponses aux questions initiales.....	45
9.2	Principaux enjeux/risques et recommandations pour le développement durable de la filière	45
9.3	Questions pertinentes nécessitant une analyse plus approfondie	46
	Références	46
	Annexes	50
	Annexe 1 : Mémoires de master et de fin d'études.....	50
	Annexe 2 : Enquêtés et répondants	51
	Annexe 3 : Résultats des analyses de laboratoire (deux exemples)	53
	Annexe 4 : Cartes de répartition des exploitations maraîchères enquêtées et leurs sources d'approvisionnement en eau d'irrigation dans les Communes de Sèmè-Kpodji, Cotonou (site de Houéyiho) et Ouidah	54

Annexe 5 : Liste des modèles recommandés par la Commission européenne sur l'empreinte environnementale des produits / Product Environmental Footprint (PEF)	56
Annexe 6 : Retour de la démarche de sensibilisation des producteurs	57

Liste des tableaux

Tableau 1. Sources des principales données	5
Tableau 2. Produits phytosanitaires communément utilisés par les producteurs maraîchers.....	9
Tableau 3. Spécifications cultivées par les maraîchers, le principal nuisible, le pesticide utilisé et le prix moyen du pesticide	9
Tableau 4. Teneur en micronutriments des produits de la filière Bio, en mg/100 g matière sèche.....	22
Tableau 5. Teneur en micronutriments des produits de la filière conventionnelle, en mg/100 g matière sèche	22
Tableau 6. Teneur en micronutriments des produits de la filière raisonnée, en mg/100 g matière sèche.....	23
Tableau 7. Résultats moyens des analyses de sol (tous les sites confondus)	24
Tableau 8. Statistiques des données d'unités de production au sud-Bénin.	28
Tableau 9. Caractéristiques des variétés culturales dominantes au sud-Bénin	29
Tableau 10. Moyenne des pertes azotées des cultures maraîchères au sud-Bénin (calculés avec Indigo-N v2.7 sur la rotation)	30
Tableau 11. Moyenne d'intrants fertilisants et phytosanitaires aux cultures maraîchères au sud-Bénin.....	31
Tableau 12. Impacts moyens du changement climatique (en kg CO ₂ -eq) des cultures maraîchères du sud-Bénin, par kg de produit et par ha cultivé	32
Tableau 13. Comparaison des impacts sur le changement climatique rapportés dans la littérature	38
Tableau 14. Indicateurs économiques des exploitations maraîchères du sud-Bénin, per site et type.....	41
Tableau 15. Indicateurs sociaux des exploitations maraîchères du sud-Bénin, per site et type	42
Tableau 16. Réponses aux questions fondamentales du projet.	45

Liste des figures

Figure 1. Calendrier du projet	2
Figure 2. Méthodologie d'analyse multicritère de la filière maraîchère	3
Figure 3. Ensemble d'indicateurs multicritère	4
Figure 4. Définition des unités de production maraîchère et obtention de données.....	4
Figure 5. Principales productions agricoles Béninoises en 2012-2014. Source : http://benin.opendataforafrica.org/emcqbqg/statistiques-agricoles-benin	6
Figure 6. Localisation des communes de productions maraîchères du sud-Bénin	14
Figure 7. Flux de matériels et économiques de la filière maraîchère du sud-Bénin	16
Figure 8. CASE, une approche intégrée (MAEP 2017)	21
Figure 9. Teneurs en phosphates et nitrates des eaux de forage servant à l'irrigation des cultures dans les périmètres maraîchers de Houéyiho, Ouidah et Sèmè-Kpodji au sud Bénin	25
Figure 10. Limites du système pour l'ACV maraîcher (en rouge : éléments d'inventaires modélisés)	27
Figure 11. Différences entre impacts moyens des sites et types de production de quatre cultures maraîchères au sud-Bénin, par kg de produit et par ha de culture, en Pt (score unique ILCD). Les résultats sont par culture individuelle. Les barres d'erreur représentent la variation des valeurs qui contribuent à la moyenne	33

Figure 12. Différences entre impacts moyens des sites et types de production de quatre cultures maraîchères au sud-Bénin, par kg de produit et par ha de culture, en Pt (score unique ILCD). Toutes les cultures sont confondues. Les barres d'erreur représentent la variation des valeurs qui contribuent à la moyenne.....	34
Figure 13. Comparaisons multiples par paires de Tukey des impacts agrégés par culture et pour l'ensemble de cultures, des différences entre sites et types.....	36
Figure 14. Analyse des contributions pour la tomate, basé sur le score unique ILCD par kg de produit, tous les sites confondus.....	37
Figure 15. Comparaisons des intrants et impacts d'une tomate en raisonnée avec une conventionnelle	37
Figure 16. Performance environnementale relative des productions maraîchères du sud-Bénin (impacts environnementaux agrégés par ha), par site et type	39
Figure 17. Analyse des contributions aux dépenses des exploitations maraîchères du sud-Bénin, par site et type	40
Figure 18. Analyse des prix de vente des produits maraîchers du sud-Bénin, par site et type	40
Figure 19. Analyse des rendements des unités de production maraîchères du sud-Bénin, par site et type.....	41
Figure 20. Performance économique relative des productions maraîchères du sud-Bénin (marge brute par ha), par site et type.....	42
Figure 21. Performance sociale relative des productions maraîchères du sud-Bénin (emplois totaux par ha), par site et type.....	43
Figure 22. Impacts environnementaux par ha vs. marge brute par ha des unités de production maraîchères du sud-Bénin, par site.....	44
Figure 23. Impacts environnementaux par ha vs. marge brute par ha des unités de production maraîchères du sud-Bénin, par type	44
Figure 24. Scores agrégés relatifs aux productions maraîchères du sud-Bénin, par site et type	45

Sommaire exécutif

Contexte

Le projet MARAÎBÉNIN répond à l'un des grands questionnements du métaprogramme GloFoodS : quels systèmes de production agricole pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des individus ?

En Afrique sub-saharienne, le maraîchage périurbain approvisionne en légumes frais des villes en pleine croissance. Les exploitations, souvent familiales et de taille modeste, favorisent les circuits courts, limitent les pertes et gaspillages et les intermédiaires. Au sud-Bénin, parmi les périmètres maraîchers intensifiés, une filière « raisonnée » s'est développée afin de réduire l'impact négatif des fertilisants chimiques et des pesticides sur l'écosystème particulièrement sensible (sols sableux littoraux, nappe souterraine peu profonde). Bien que l'impact positif sur la qualité nutritionnelle des produits ait été déjà établi, les avantages et la durabilité de cette filière raisonnée sont peu quantifiés, par comparaison avec la filière conventionnelle (et la production biologique). Notre objectif est de réaliser une analyse multicritère comparative de ces filières maraîchères, afin de quantifier leurs avantages et inconvénients respectifs, et mieux comprendre le continuum productif du maraîchage au sud-Bénin. Comme les filières sont courtes, le projet se focalise sur les **producteurs** maraîchers, et les autres acteurs de la filière sont décrits de façon plus superficielle.

Le projet vise à répondre à plusieurs questions :

1. existe-t-il des différences significatives entre les performances environnementale et socio-économique des différents types de systèmes de production maraîchères ?
2. existe-t-il des différences significatives entre les valeurs nutritionnelles des produits issus des différents types de systèmes de production maraîchères ?
3. la filière maraîchère exerce-t-elle une pression importante sur les ressources naturelles, telles que l'eau et la terre ?

Méthodes

La méthodologie consiste en plusieurs composantes : une revue documentaire, des enquêtes menées auprès des producteurs, des échantillonnages de sols, de végétaux, d'eaux pour analyses, du calcul des indices nutritionnels, de l'analyse du cycle de vie (ACV) pour estimer les impacts environnementaux, de l'analyse socio-économique, de l'analyse fonctionnelle et de l'analyse multicritère. Les différentes analyses se basent sur les cadres et approches suivants :

- Analyse fonctionnelle : description narrative structurée autour des flux de matières et monétaires entre les acteurs de la filière, complétée par un diagnostic technique des activités et du contexte technopolitique-commercial dans lequel la filière se déroule.
- Analyse socio-économique : calcul d'indicateurs classiques sur la base des données d'enquêtes et des statistiques.
- Analyse environnementale : Analyse du Cycle de Vie (ACV) adaptée au milieu tropical, surtout par rapport aux fertilisants organiques et aux émissions directes induites au champ (modélisés au moyen des méthodes adaptées). L'ACV est renseignée par des analyses de laboratoire.
- Analyse nutritionnelle : calcul d'indices nutritionnels agrégés.
- Analyse multicritère : pondération objective des indicateurs issus des autres analyses.

Cet ensemble d'analyses produit un ensemble d'indicateurs multicritères, agrégés dans l'analyse multicritère par catégorie/pilier (scores nutritionnels, environnementaux, économiques et sociaux).

Ces analyses portent sur le périmètre maraîcher du sud-Bénin, autour de trois **sites** : Houéyiho, Sèmè-Kpodji et Ouidah. Quatre cultures représentatives des productions dominantes ont été choisies. Ces cultures représentent ainsi la variété culturale et les rotations les plus communes, c.-à-d., les **produits** : carottes, tomates, légumes-feuilles (laitues, grande morelle) et curcubitacées (courges, courgettes, pastèques). A priori, les systèmes de production ont été classifiés, selon l'identification donnée par les producteurs, en trois **types** : conventionnel, raisonné et biologique certifiée (appelée « bio »). Plus de 60 **unités de production** (définie comme le croisement entre un site, une culture et un type de production) ont été enquêtées. Les échantillons des produits et des sols ont été prélevés par unité de production, ainsi que deux échantillons des eaux d'irrigation par site.

Les résultats des analyses sont exprimés en score par dimension d'analyse, relatives à la meilleure performance, et donc objectifs. Seulement des impacts négatifs environnementaux, et positifs sociaux et économiques ont été considérés. L'analyse nutritionnel comprend des impacts positifs (due aux éléments nutritifs) et négatifs (anti-nutriments).

Résultats et conclusions

Analyse fonctionnelle

Les systèmes de productions maraîchères **conventionnelles** prédominent et sont basés sur l'utilisation des engrais organiques et/ou minéraux et des pesticides chimiques de synthèse. Pour optimiser les rendements des cultures dans la plupart de ces exploitations maraîchères installées sur des sols sableux du bassin sédimentaire côtier du sud-Bénin, on assiste souvent à une surfertilisation organique et/ou minérale et à une utilisation abusive et inappropriée de pesticides. Ces pratiques culturales non maîtrisées dans les exploitations maraîchères conventionnelles du sud-Bénin engendrent des risques de contamination des sols, des légumes, des eaux souterraines et de surface par les nitrates, les résidus de pesticides et les éléments traces (ET) —métaux, metalloïdes—.

Le maraîchage **raisonné** est un système de maraîchage qui vise à concilier l'optimisation de la productivité des cultures maraîchères et la préservation de l'environnement tout en maîtrisant les quantités d'intrants (en particulier les engrais chimiques et produits phytosanitaires). Les maraîchers ne traitent que s'il le faut, au bon moment et avec une dose et un matériel adaptés.

Les systèmes de productions maraîchères **biologiques** ont recours aux intrants naturels, engrais organiques et biopesticides, et excluent l'utilisation d'engrais et pesticides chimiques de synthèse. Ils sont fondés sur des méthodes de production, qui se rapprochent des cycles biologiques naturels, tout en pratiquant une gestion raisonnée des itinéraires techniques : le recyclage des matières organiques (composts et déjections animales telles que fientes de volaille, bouses de bovins), la rotation/association des cultures et la lutte biologique. Ces systèmes sont pratiqués par peu de producteurs au sud-Bénin en raison des nombreuses contraintes rencontrées au cours de la production : les difficultés d'accès aux semences biologiques, les difficultés liées aux sources d'engrais organiques, les méthodes de gestion des nuisibles parfois contraignantes pour l'exploitant, les faibles rendements dans certaines conditions, le problème du marché d'écoulement, le processus de certification souvent trop long et onéreux. La plupart de maraîchers qui ont adopté le système biologique appartiennent au réseau Association pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne (AMAP-Bénin).

La demande de produits maraîchers au Bénin est satisfaite surtout par des systèmes conventionnels, majoritairement via des marchés publics. La filière satisfait la totalité des besoins domestiques, l'importation de produits du maraîchage est donc négligeable.

Analyse économique

Les structures de coûts diffèrent entre sites et types, mais elles sont dominées par les coûts de main d'œuvre, de la semence, des combustibles et des fertilisants organiques (notamment des fumiers). Les prix de vente diffèrent entre produits, sites et types. La tomate obtient constamment des prix plus élevés, alors que les produits bio n'atteignent pas toujours des prix plus élevés que leurs homologues conventionnels. Les produits de Sèmè-Kpodji produisent une valeur ajoutée plus haute, ainsi qu'une marge brute plus élevée pour les producteurs. Les marges brutes des producteurs bio et raisonnés sont toujours plus basses que celles des producteurs conventionnels, malgré les coûts de production plus élevés de ces derniers, parce que les prix de vente sont au même niveau que ceux des produits bio et raisonné, et parce que ces rendements sont ainsi plus hauts. Le rendement par hectare moyen étant plus haut, la marge brute par hectare du conventionnel est plus élevée pour l'ensemble des producteurs de Houéyiho. D'autre part, la marge brute par hectare du bio est plus élevée pour l'ensemble des producteurs de Ouidah, en raison des prix de vente plus élevés.

Analyse sociale

Au Bénin, les femmes, les jeunes et généralement les couches défavorisées ont la possibilité d'avoir accès au foncier et au droit de propriété, ce qui favorise les projets et investissements pour la production agricole de manière générale et pour la production maraîchère afin contribuer à la sécurité alimentaire. L'emploi est très similaire entre les trois sites, mais les productions conventionnelles et bio fournissent plus d'emploi que la raisonnée, par hectare de production, au raison des faibles intrants du raisonnée, ce qui réduit les demandes de main d'œuvre.

Analyse environnementale

La contamination des eaux de forage par des nitrates et phosphates a été constatée.

Pour l'ensemble des cultures, il y a des différences significatives entre les impacts du bio vs conventionnel et raisonnée, mais pas entre conventionnel et raisonnée. Il y a ainsi des différences significatives entre les impacts agrégés des produits de Sèmè-Kpodji et les autres sites.

Peu d'études se sont focalisées sur les productions maraîchères africaines. Une comparaison des résultats du changement climatique de cette étude avec des résultats globaux rapportés dans la littérature suggère que les impacts du maraîchage au sud-Bénin sont plus élevés que d'autres valeurs rapportés pour des cultures maraîchères.

Analyse nutritionnel

La composition en nutriments ne diffère que très peu entre les cultures biologiques et conventionnelles.

Analyse multicritère et conclusions

Les scores par pilier de la durabilité issus des analyses environnementales, économiques et sociales, agrégés sans pondération, montrent que la production à Houéyiho est la plus « durable », car les impacts positifs sont les plus hauts, et les impacts négatifs les plus bas (Figure A). La même conclusion est applicable à la production conventionnelle.

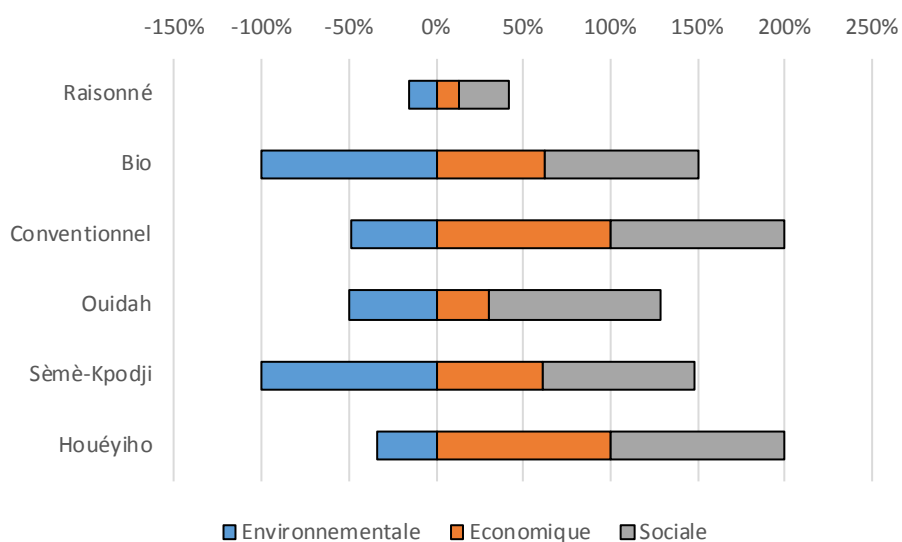


Figure A. Scores agrégés des impacts positifs ou négatifs relatifs aux productions maraîchères du sud-Bénin, par site et type.

Réponses aux questions fondamentales :

1. Les trois types de production ont des performances différentes. Le raisonné présente des impacts environnementaux plus bas que le conventionnel (mais pas significativement différents). Les performances sociales et économiques du raisonné sont aussi plus bas. Les impacts environnementaux du bio sont significativement différents de ceux des autres types. Le conventionnel semble avoir la meilleure performance globale.
2. Il ne semble pas exister des différences significatives entre les valeurs nutritionnelles des produits issus des différents types de systèmes de production maraîchères.
3. La contamination des eaux associée à l'utilisation de produits phytosanitaires (toxicité), et surtout à la surfertilisation (eutrophisation), seraient les impacts les plus remarquables.

Principaux enjeux/risques et recommandations pour le développement durable de la filière

Parmi les principaux soucis associés à la filière, se trouvent la surfertilisation et la contamination des eaux. Une pollution croissante en nitrates et phosphates des eaux de forage, au cours du temps, a été rapportée. La surfertilisation a des implications environnementales et économiques.

Une démarche de sensibilisation des producteurs a été conduite, pour insister sur les effets négatifs de la surfertilisation et sur les recommandations (ex : bonnes pratiques agricoles, cultures associées à vocation phytosanitaire, etc.).

La filière maraîchère a besoin d'un ensemble de bonnes pratiques adaptées au contexte du sud-Bénin, surtout pour réduire les impacts environnementaux des systèmes bio et incrémenter les rendements des systèmes raisonnés.

Questions pertinentes nécessitant une analyse plus approfondie

Parmi les aspects à approfondir dans de futures recherches, se trouvent :

- La construction d'un ensemble de bonnes pratiques maraîchères, y compris des stratégies des cultures associées et rotations pour combattre les ravageurs (ex : nématodes, etc.), ainsi que des stratégies de fertilisation adaptées aux cultures et rotations.
- L'analyse multicritère des productions hors-saison, dont les rendements seraient plus bas et l'intensité d'intrants plus élevée, *a priori*.
- L'étude détaillée des facteurs limitants pour la production bio et raisonnée.

Abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
AMAP	Association pour le maintien de l'agriculture paysanne
COJEMAS	Coopérative des jeunes maraîchers de Sèmè-Podji
CORAF	Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles
FSA	Faculté des sciences agronomiques
INRAB	Institut national des recherches agricoles du Bénin
LAMA	Laboratoire des moyens analytiques
LCCSSA	Laboratoire central de contrôle de la sécurité sanitaire des aliments
LMI IESOL	Laboratoire mixte international « intensification écologique des sols cultivés en Afrique de l'Ouest »
LSSEE	Laboratoire des sciences du sol, eaux et environnement
MAEP	Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche
VIMAS	Village maraîcher de Sèmè-Kpodji

1 Introduction

1.1 Contexte du projet

Dans le contexte du métaprogramme GloFoodS « Transitions pour la sécurité alimentaire mondiale » (<http://www.glofoods.inra.fr/>), copiloté par l'Inra et le Cirad, le projet MARAÎBÉNIN « Maraîchage raisonné versus conventionnel au sud-Bénin : comparaison des impacts environnementaux, nutritionnels et économiques » vise à réaliser une comparaison multicritère des filières maraîchères au sud-Bénin.

MARAÎBÉNIN répond à l'un des grands questionnements du métaprogramme GloFoodS : quels systèmes de production agricole pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des individus ?

En Afrique sub-saharienne, le maraîchage périurbain approvisionne en légumes frais des villes en pleine croissance. Les exploitations, souvent familiales et de taille modeste, favorisent les circuits courts, limitent les pertes et gaspillages et les intermédiaires. Au sud-Bénin, parmi les périmètres maraîchers intensifiés, une filière « raisonnée » s'est développée afin de réduire l'impact négatif des fertilisants chimiques et des pesticides sur l'écosystème particulièrement sensible (sols sableux littoraux, nappe souterraine peu profonde). Bien que l'impact positif sur la qualité nutritionnelle des produits ait été déjà établi, les avantages et la durabilité de cette filière raisonnée sont peu quantifiés, par comparaison avec la filière conventionnelle (et la production biologique). Notre objectif est de réaliser une analyse multicritère comparative de ces filières maraîchères, afin de quantifier leurs avantages et inconvénients respectifs, et mieux comprendre le continuum productif du maraîchage au sud-Bénin. Comme les filières sont courtes, le projet se focalise sur les **producteurs** maraîchers, et les autres acteurs de la filière sont décrits de façon plus superficielle.

Le projet vise à répondre à plusieurs questions :

- existe-t-il des différences significatives entre les performances environnementale et socio-économique des différents types de systèmes de production maraîchère ?
- existe-t-il des différences significatives entre les valeurs nutritionnelles des produits issus des différents types de systèmes de production maraîchère ?
- la filière maraîchère exerce-t-elle une pression importante sur les ressources naturelles, telles que l'eau et la terre ?

1.2 Gestion du projet

Le calendrier du projet est présenté en Figure 1. Les partenaires du projet sont l'unité de recherche Recyclage et risque (Cirad), les unités mixtes de recherche EcoSys et Qualisud et la faculté des sciences agronomiques (FSA) de l'université d'Abomey-Calavi (UAC). Le financement GloFoodS du projet (26 000 €), été dédié majoritairement à financer les activités d'obtention de données (enquêtes, échantillonnage, analyses).

Les livrables du projet comprennent, en plus de ce rapport final du projet :

- L'ensemble de données obtenues → **Annexe 1** (plusieurs travaux de fin d'études et mémoires de master des étudiants de l'UAC), **Annexe 2** (données des enquêtes) et **Annexe 3** (résultats des analyses de laboratoire).
- Un article scientifique sur l'analyse environnementale (ACV) → manuscrit en cours d'écriture.
- Un article de vulgarisation sur l'analyse multicritère → manuscrit en cours d'écriture.

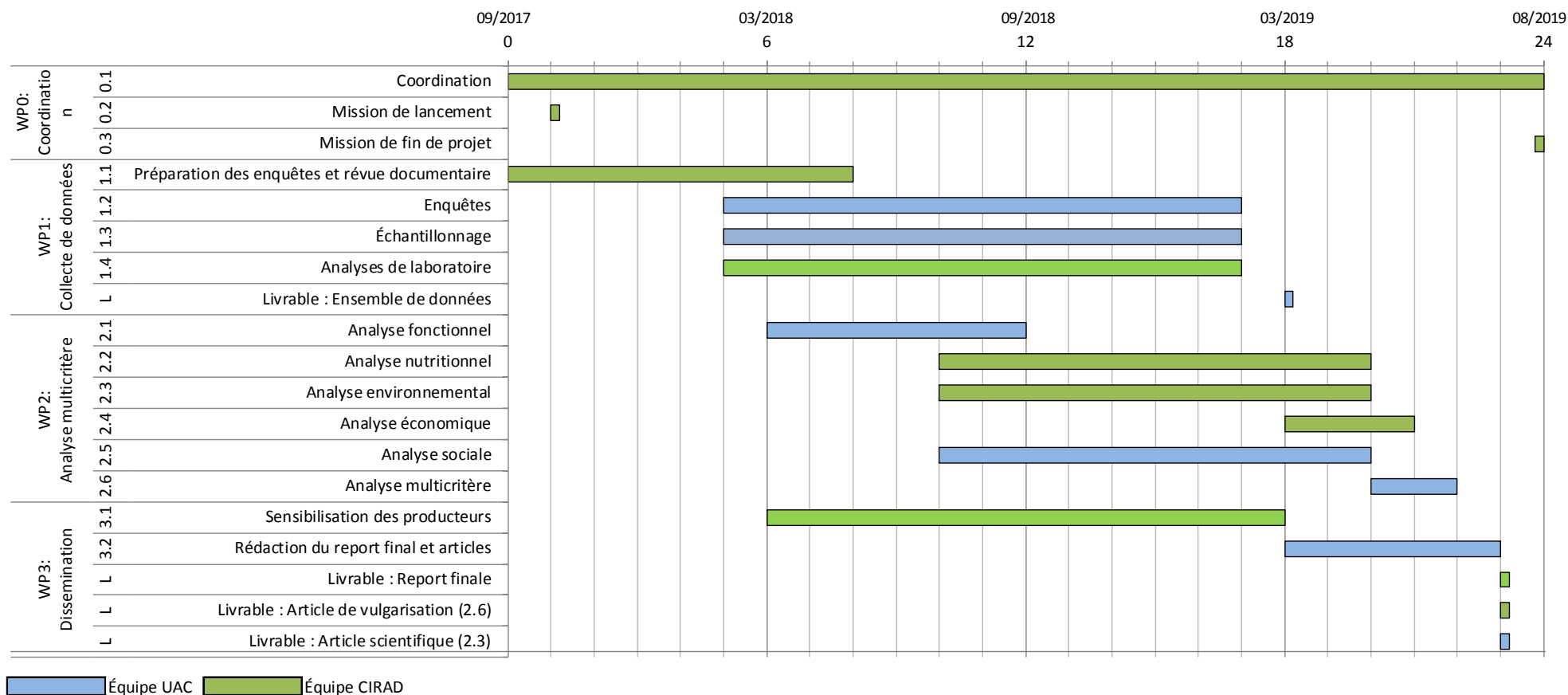


Figure 1. Calendrier du projet

2 Méthodologie générale

2.1 Définition et portée des analyses

L'approche consiste en une démarche d'évaluation multicritère des dimensions socio-économique et environnementale du continuum maraîcher. Le cadre « Value Chain Analysis » de la Direction générale de la coopération internationale et du développement (DG DEVCO) a été adapté aux besoins spécifiques de cette étude. Le cadre original est appliqué à l'étude de plusieurs filières agricoles dans le contexte du programme Value Chain Analysis for Development (VCA4D) (<https://europa.eu/capacity4dev/value-chain-analysis-for-development-vca4d->).

La méthodologie adaptée (Figure 2) consiste en plusieurs composantes : une revue documentaire, des enquêtes menées auprès des producteurs, des échantillonnages de sols, de végétaux, d'eaux pour analyses, du calcul des indices nutritionnels, de l'analyse du cycle de vie (ACV) pour estimer les impacts environnementaux, de l'analyse socio-économique, de l'analyse fonctionnelle et de l'analyse multicritère.

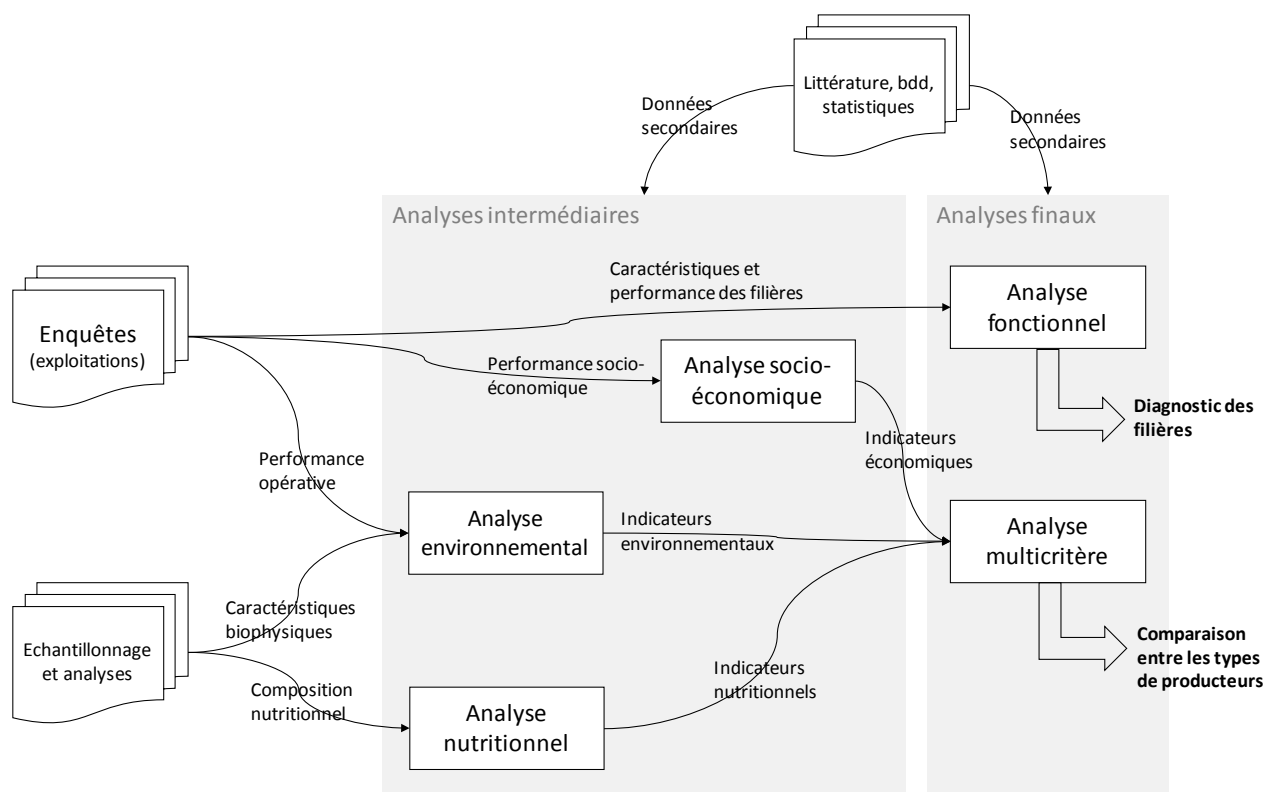


Figure 2. Méthodologie d'analyse multicritère de la filière maraîchère

Les différentes analyses se basent sur les cadres et approches suivants :

- Analyse fonctionnelle : description narrative structurée autour des flux de matières et monétaires entre les acteurs de la filière, complétée par un diagnostic technique des activités et du contexte techno-politique-commercial dans lequel la filière se déroule.
- Analyse socio-économique : calcul d'indicateurs classiques sur la base des données d'enquêtes et des statistiques.
- Analyse environnementale : Analyse du Cycle de Vie (ACV) adaptée au milieu tropical, surtout par rapport aux fertilisants organiques et aux émissions directes induites au champ (modélisés au moyen des méthodes adaptées). L'ACV est renseignée par des analyses de laboratoire.
- Analyse nutritionnelle : calcul d'indices nutritionnels agrégés (Drewnowski and Fulgoni 2008).
- Analyse multicritère : pondération objective des indicateurs issus des autres analyses.

Cet ensemble d'analyses produit un ensemble d'indicateurs multicritères (Figure 3), agrégés dans l'analyse multicritère par catégorie/pilier (scores nutritionnels, environnementaux, économiques et sociaux). Étant donné qu'un des questionnements centraux se réfère aux éventuelles différences nutritionnelles entre produits issus de filières différentes, le pilier nutritionnel est représenté au même niveau que les autres, bien qu'il puisse être intégré dans le pilier social. Pour chaque score calculé, le type de production ayant la « meilleure » performance relative (c.-à-d., le score le plus haut pour les impacts positifs tels que le profit économique ou le plus bas pour les impacts négatifs tel que le score d'impact environnemental) est considéré comme la valeur de référence ; les scores des autres types de production comme des proportions du meilleur score. Cette pondération, dite objective, évite d'introduire des préjugés associés aux préférences ou aux opinions.

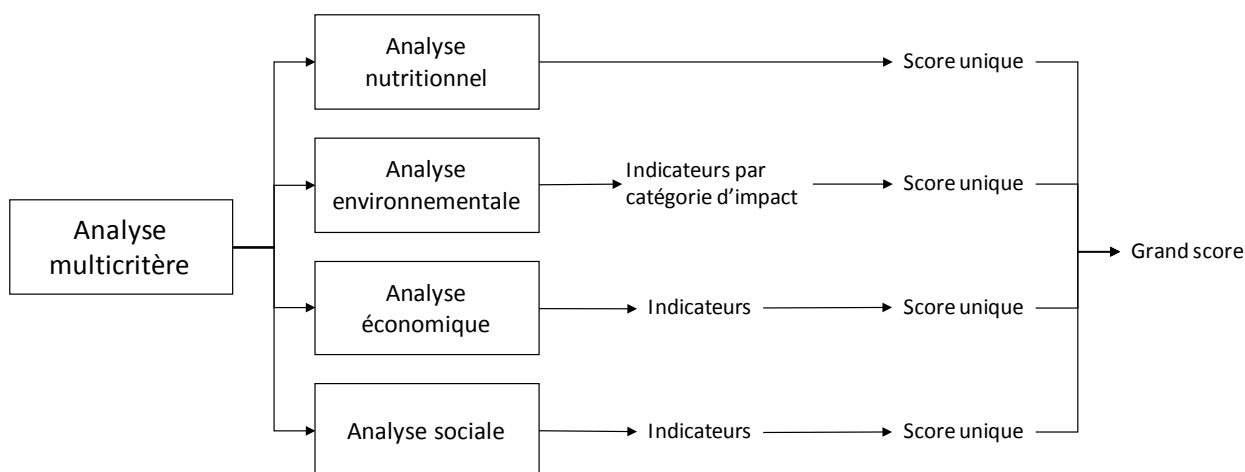


Figure 3. Ensemble d'indicateurs multicritère

Ces analyses portent sur le périmètre maraîcher du sud-Bénin (voir 3.1.4), autour de trois **sites** : Houéyiho, Sèmè-Kpodji et Ouidah (voir cartes des exploitations enquêtées en **Annexe 4**). Quatre cultures représentatives des productions dominantes ont été choisies. Ces cultures représentent ainsi la variété culturelle et les rotations les plus communes, c.-à-d., les **produits** : carottes, tomates, légumes-feuilles (laitues, grande morelle) et cucurbitacées (courges, courgettes, pastèques). A priori, les systèmes de production ont été classifiés, selon l'identification donnée par les producteurs, en trois **types** : conventionnel, raisonné et biologique certifiée (appelée « bio »). Pour assurer la représentativité des données, en moyenne quatre **unités de production** (définie comme le croisement entre un site, une culture et un type de production ; Figure 4) ont été enquêtées. Au total, plus de 60 unités de production ont été enquêtées. Les échantillons des produits et des sols ont été prélevés par unité de production, ainsi que deux échantillons des eaux d'irrigation par site.

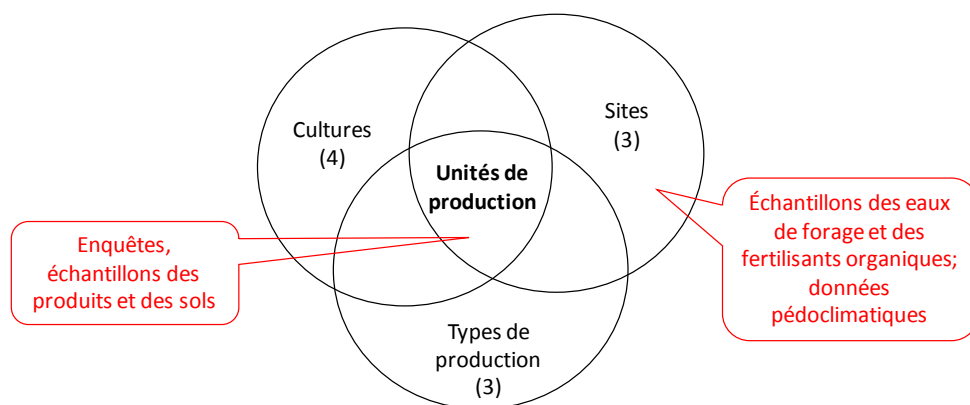


Figure 4. Définition des unités de production maraîchère et obtention de données

2.2 Collecte des données (WP 1.1 et 1.2)

Des données primaires ont été obtenues au moyen des enquêtes (voir **Annexe 2**) et des analyses d'échantillons (voir **Annexe 3**). Des données secondaires ont été obtenues à partir de rapports gouvernementaux et d'autres organisations, d'articles scientifiques, de thèses et de mémoires et de la littérature grise. Les données principales et ses sources sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Sources des principales données

Données	Échelle	Sources
Rendements, intrants, sortants, coûts, revenus, emploi	Unité de production	Enquêtes Extrapolation du poids vérifié in situ des produits à partir des planches achetées
Teneurs en nutriments et contaminants des sols, eaux, fertilisants organiques et produits	Unité de production, site	Analyses de laboratoire Littérature : Bourn and Prescott (2002); Mie et al. (2017); Popa et al. (2019)
Caractéristiques pédoclimatiques	Site	Analyses de laboratoire Littérature : Azontonde (1991); BMBF (2010); Igwe et al. (2013)

2.3 Échantillonnage et analyses de laboratoire (WP 1.3 et WP 1.4)

2.3.1 Sols

Les échantillons de sol, prélevés pour chaque unité de production, ont été analysés dans le laboratoire de science du sol (FSA-UAC) pour déterminer le pH, les teneurs en C et N totaux, en matière organique, en N minéral ; la granulométrie (argile, limon, et sable) ainsi que la conductivité électrique, et la réserve utile ont également été mesurées.

Des analyses supplémentaires ont été conduites au laboratoire des moyens analytiques (LAMA) du LMI IESOL, à Dakar, pour les teneurs en éléments trace (ET) —métaux, métalloïdes—.

2.3.2 Fertilisants organiques

Les échantillons de fertilisants organiques, prélevés pour chaque site, ont été analysés dans le laboratoire des moyens analytiques (LAMA) du LMI IESOL, à Dakar, pour la détermination des teneurs en N total, N minéral, P, K et ET.

2.3.3 Eaux

Les échantillons des eaux d'irrigation (de forage), prélevés pour chaque site, ont été analysés comme prestation externe au laboratoire des sciences du sol, des eaux et environnements de l'institut national des recherches agricoles du Bénin (LSSEE/INRAB) pour la détermination des teneurs en nitrates et phosphates et au laboratoire central de contrôle de la sécurité sanitaire des aliments (LCCSSA) pour les résidus de certains pesticides, notamment le lambda-cyhalothrine.

2.3.4 Produits

Les échantillons de végétaux (légumes), prélevés pour chaque unité de production, ont été analysés dans le laboratoire de sciences des aliments (FSA-UAC) pour la détermination des teneurs en Ca, Fe, Mn et Zn. Les résidus du pesticide lambda-cyhalothrine dans les échantillons de légumes ont été déterminés au LCCSSA (tous les résultats ont montré des teneurs au-dessous de la limite de détection de 10 µg/kg).

Des analyses supplémentaires ont été conduites au laboratoire des moyens analytiques (LAMA) du LMI IESOL, à Dakar, pour les teneurs en ET.

3 Analyse fonctionnelle (WP 2.1)

3.1 Cartographie de la filière

3.1.1 Le continuum productif

L'agriculture maraîchère est une des filières agricoles les plus importantes du pays (Figure 5). Entre 2012 et 2014, ~780 000 t/an de produits maraîchers ont été produits au Bénin, en moyenne.

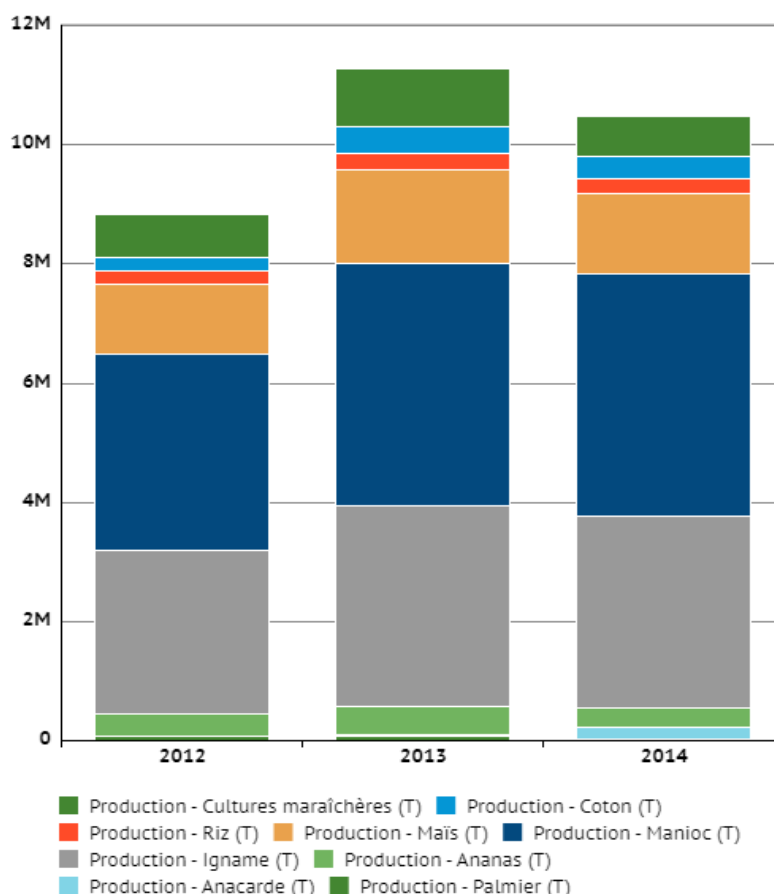


Figure 5. Principales productions agricoles béninoises en 2012-2014. Source :
<http://benin.opendataforafrica.org/emcqbqg/statistiques-agricoles-benin>

La filière maraîchère a connu un développement fulgurant à la suite de la démographie galopante induisant un accroissement des besoins alimentaires dans les centres urbains du Sud-Bénin (Assogba-Komlan et al. 2007). Pour satisfaire ces besoins des populations urbaines, surtout en ressources alimentaires de haute valeur ajoutée telles que les légumes et fruits, trois types de systèmes d'exploitations maraîchères peuvent être distingués au sud-Bénin. Il s'agit des exploitations maraîchères dites conventionnelles, raisonnées et biologiques.

Les systèmes de productions maraîchères **conventionnelles** prédominent et sont basés sur l'utilisation des engrais organiques et/ou minéraux et des pesticides chimiques de synthèse (Akogbeto and Noukpo 2005; Ahouangninou et al. 2011). Pour optimiser les rendements des cultures dans la plupart de ces exploitations maraîchères installées sur des sols sableux du bassin sédimentaire côtier du sud-Bénin, on assiste souvent à une surfertilisation organique et/ou minérale et à une utilisation abusive et inappropriée de pesticides. Ces

pratiques culturelles non maîtrisées dans les exploitations maraîchères conventionnelles du Sud-Bénin engendrent des risques de contamination des sols, des légumes, des eaux souterraines et de surface par les nitrates, les résidus de pesticides et les ET (Agbossou et al. 2003; Atidegla and Euloge 2010; Yehouenou et al. 2010; Atidegla et al. 2011; Ahouangninou et al. 2013; Perrin et al. 2015).

Le maraîchage **raisonné** est un système de maraîchage qui vise à concilier l'optimisation de la productivité des cultures maraîchères et la préservation de l'environnement tout en maîtrisant les quantités d'intrants (en particulier les engrais chimiques et produits phytosanitaires). Les maraîchers ne traitent que s'il le faut, au bon moment et avec une dose et un matériel adaptés.

Les systèmes de productions maraîchères **biologiques** ont recours aux intrants naturels, engrais organiques et biopesticides, et excluent l'utilisation d'engrais et pesticides chimiques de synthèse. Ils sont fondés sur des méthodes de production, qui se rapprochent des cycles biologiques naturels, tout en pratiquant une gestion raisonnée des itinéraires techniques : le recyclage des matières organiques (composts et déjections animales telles que fientes de volaille, bouses de bovins), la rotation/association des cultures et la lutte biologique. Ces systèmes sont pratiqués par peu de producteurs au Sud-Bénin en raison des nombreuses contraintes rencontrées au cours de la production : les difficultés d'accès aux semences biologiques, les difficultés liées aux sources d'engrais organiques, les méthodes de gestion des nuisibles parfois contraignantes pour l'exploitant, les faibles rendements dans certaines conditions, le problème du marché d'écoulement, le processus de certification souvent trop long et onéreux. La plupart de maraîchers qui ont adopté le système biologique appartiennent au réseau Association pour le Maintien de l'agriculture paysanne (AMAP-Bénin). Cette association regroupe des producteurs de légumes biologiques certifiés Système participatifs de garantie (SPG), des consommateurs et des transformateurs. Les SPG sont des systèmes d'assurance qualité, décernés localement par la Fédération des unions des producteurs du Bénin (FUPRO-BENIN) pour certifier les producteurs sur la base d'une participation active des acteurs concernés, et sont construits sur une base de confiance, de réseaux et d'échanges de connaissances. Ainsi, les consommateurs et les producteurs se mettent d'accord sur les méthodes agronomiques à employer dans le respect de la charte de l'agriculture paysanne et des cahiers de charge du maraîchage biologique.

Le maraîchage béninois est une activité éminemment manuelle (c.-à-d., non mécanisée), dont la grosse majorité d'interventions est effectuée par la main-d'œuvre humaine. Une exception qui commence à se généraliser est l'irrigation. Bien que la majorité de producteurs utilise l'irrigation manuelle, de plus en plus de systèmes simples d'irrigation par aspersion sont utilisés par les producteurs les plus prospères (car cela demande des investissements non négligeables en tuyaux, pompes, etc.).

Au Sud-Bénin, les exploitations maraîchères conventionnelles, raisonnées et biologiques coexistent dans le même environnement de production. On peut donc y trouver des systèmes un peu mixtes. C'est le cas du périmètre de Sèmè-Kpodji, précisément au village maraîcher de Sèmè-Kpodji (VIMAS) où on rencontre dans le même continuum productif des systèmes de productions maraîchères conventionnelles (majoritairement) et biologiques (minoritairement), et dans le périmètre de Ouidah où on observe la coexistence des exploitations maraîchères conventionnelles et raisonnées à Pahou, et exploitations exclusivement biologiques à Gakpé.

Dans la ville de Cotonou, on observe exclusivement les systèmes conventionnels intensifs qui se pratiquent par 560 producteurs sur 8 principaux périmètres maraîchers dont les plus importants sont : le site de Houéyiho, occupé depuis 1972 avec 15 hectares (soit 41.8% de la superficie totale) avec un effectif de 334 exploitants maraîchers représentant 59% de l'effectif total des maraîchers de Cotonou ; le site des Cocotiers, occupé depuis 1982 avec une superficie de 4 hectares (11.5% de la superficie totale) avec 27 exploitants maraîchers (soit 4.8% de l'effectif total à Cotonou) ; et le site de l'ONEPI, occupé depuis 1980 sur 2.5 hectares avec 42 exploitants maraîchers (soit 7.4% de l'effectif total à Cotonou). Ces trois sites concentrent 60% des

terres avec 71% des maraîchers de la ville de Cotonou. L'ensemble des autres sites de Cotonou concentre 40% des terres (14 hectares) avec 160 des maraîchers (soit 29% de l'effectif total).

Le périmètre maraîcher de Sèmè-Podji (sud-est du Bénin) est constitué de deux principales zones de productions qui sont : le VIMAS avec une superficie de 50 hectares, exploités par 200 maraîchers et le secteur de COJEMAS (coopérative des jeunes maraîchers de Sèmè-Podji) avec 200 hectares exploités par 302 maraîchers.

Les exploitants du système biologique appartenant au réseau AMAP-Bénin regroupent au total 135 producteurs de légumes et fruits certifiés SPG (système participatif de garantie) et sont répartis dans les périmètres de Sèmè-Podji (VIMAS) et de Ouidah (Gakpé).

3.1.2 Pratiques agricoles

Fertilisation

De nombreuses études portant sur les pratiques de fertilisation en contexte de maraîchage au Sud-Bénin ont montré que de fortes doses d'engrais organiques et minéraux sont appliquées sur les sols maraîchers (Assogba-Komlan et al. 2007; Atidegla et al. 2011; Perrin et al. 2014). Des doses de matières organiques (> 40 t/ha) tels que les fientes de volaille et les résidus de graines de coton, et d'engrais minéraux (> 600 kg/ha) tels l'urée et le NPK, sont fréquemment apportées sur les légumes. Ces fortes doses d'application des engrais organiques et minéraux dans les sols sableux du bassin sédimentaire côtier du Sud-Bénin influencent peu les rendements des légumes, mais engendrent des risques environnementaux certains (Assogba-Komlan et al. 2007; Perrin 2013; Perrin et al. 2014).

Un article récent affirme que la totalité des producteurs surfertilise de 300 % la dose recommandée en engrais minéraux de 400 kg/ha. De plus, seulement 21% des producteurs maraîchers respectent la dose recommandée de 20 t/ha en fientes de volaille (Atidegla et al. 2017).

Lutte phytosanitaire

Pour gérer les ravageurs présents sur les cultures maraîchères au Sud-Bénin, les producteurs font généralement recours aux pesticides chimiques en système conventionnel et aux biopesticides industriels (par exemple LASER 480SC et BIOBITE) ou locaux (par exemple extraits aqueux de neem (*Azadirachta indica*), jus d'ail) en systèmes raisonné ou biologique.

En maraîchage conventionnel, plus de 24 préparations commerciales de pesticides chimiques sont utilisées par les producteurs (Akogbeto and Noukpo 2005; Ahouangninou et al. 2011, 2013; Agnandji et al. 2018) (Tableau 2 et Tableau 3). La majorité de ces pesticides recensés sont des concentrés émulsifiables qui appartiennent aux familles des organophosphorés, des pyréthrinoides, des carbamates et des benzimidazoles. Les fongicides recensés sont des formulations de poudres mouillables. Les nématicides comme le DIAFURAN 50G ont été également recensés. De nombreux auteurs ont rapporté que la plupart de ces formulations d'insecticides utilisées par les maraîchers ne sont pas adaptées pour la protection des cultures maraîchères, mais sont plutôt recommandées et homologuées pour lutter contre les ravageurs du coton (Agbossou et al. 2003; Assogba-Komlan et al. 2007; Azandeme-Hounmalon et al. 2014). Par exemple, Azandeme-Hounmalon et al. (2014) ont constaté que 65 % des maraîchers utilisent des insecticides coton comme le COTALM P (lambda-cyhalothrine + profénofos), à des doses qui varient d'un maraîcher à un autre. Certains agriculteurs l'utilisent à fortes doses dans l'intention d'avoir une meilleure efficacité de protection de leurs cultures. D'autres maraîchers mélangent plusieurs formulations par exemple le COTALM P et le DECIS (deltaméthrine) sans aucun respect des doses recommandées. De même, la fréquence de traitements des cultures est très variable selon les maraîchers. L'objectif premier des maraîchers est le gain de productivité et la rentabilité financière au détriment de l'environnement et de la santé humaine. Cette

rentabilité ne prend pas en compte les coûts écologiques et toutes les externalités négatives de l'usage des intrants chimiques.

Tableau 2. Produits phytosanitaires communément utilisés par les producteurs maraîchers

Type de pesticide	Nom commercial	Matières actives	Concentration	Unité	Famille chimique
Insecticides	COTALM P 218 EC	Lambda-cyhalothrine	18	g/L	Pyréthroïde
		Profenofos	200	g/L	Organophosphoré
	DECIS 15 EC	Deltaméthrine	15	g/L	Pyréthroïde
	CYPERCAL 50 EC	Cyperméthrine	50	g/L	Pyréthroïde
	COTOFAN 350 EC	Endosulfan	350	g/L	Cyclodiène/organochloré
	CAPT 88 EC	Acétamipride	16	g/L	Néonicotinoïde
		Cyperméthrine	72	g/L	Pyréthroïde
	CYPER-D	Cyperméthrine	10	g/L	Pyréthroïde
	CYDIM C50	Cyperméthrine	50	g/L	Pyréthroïde
	THIONEX 350 EC	Endosulfan	350	g/L	Cyclodiène/organochloré
Fongicides	CYFLUTHRALM 318 EC	Cyfluthrine	18	g/L	Pyréthroïde
		Profenofos	300		Organophosphoré
	DURSBAN	Chlorpyrifos-éthyl	300	g/L	Organophosphoré
	FOKO	Mancozèbe	800	g/kg	Carbamate
	TOPSIN M	Méthylthiophanate	800	g/kg	Benzimidazole
	IVORY	Manèbe	800	g/kg	Carbamate
Nématicides	BENDAZIM 50 WP	Manèbe	800	g/kg	Carbamate
	CALLOMIL 72 WP	Cuivre oxyde Métalaxyl	120 600	g/kg	Inorganique Phenylamide
	TRIMANGOL 80	Manèbe	800	g/kg	Carbamate
	DIAFURAN 5G	Carbofuran	50	g/kg	Carbamate

Source : Ahouangninou et al. (2011)

Tableau 3. Spéculations cultivées par les maraîchers, le principal nuisible, le pesticide utilisé et le prix moyen du pesticide

Cultures	Noms scientifiques	Principal nuisible	Pesticide utilisé	Prix moyen (CFA)
Amarante	<i>Amaranthus cruentus</i> L.	<i>Heliothis recurvalis</i> L.	Acarius 18 EC	7500
Aubergine	<i>Solanum melongena</i> L.	<i>Bemisia tabaci</i> G.	Cypercal P 330 EC	4000
Laitue	<i>Lactuca sativa</i> L.	<i>Bremia lactucae</i> R.	Emacot Fort	3000
Chou pommé	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.	<i>Mycosphaerella brassicicola</i> S.	Laser 480 SC	1200
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mil.	<i>Phytophthora</i> sp M.	Pacha 25 EC	3000
Betterave	<i>Beta vulgaris</i> L.	<i>Pegomyia betae</i> C.	Dursban B-200/18 EC	5500
Vernonia	<i>Vernonia amygdalina</i> D.	<i>Sphaerocoris annulus</i> F.	Lambdacal P 630	3000
Grande Morelle	<i>Solanum macrocarpum</i> L.	<i>Spodoptera frugiperda</i> S.	Tihan 1760-TEQ	6000
Grande Basilique	<i>Ocimum basilicum</i> L.	<i>Aphis gossypii</i> G.	Coga 80 WP	800
Carotte	<i>Daucus carota</i> L.	<i>Psila rosae</i> F.	Lambdacal P 630	3000
Concombre	<i>Cucumis savitus</i> L.	<i>Acalymma vittatum</i> F.	Tihan 1760-TEQ	6000
Piment	<i>Capsicum</i> sp.	<i>Lygus lineolaris</i> P.	Dursban B-200/18 EC	5500
Navet	<i>Brassica rapa</i> L.	<i>Pieris napi</i> L.	Pacha 25 EC	3000

Source : Agnandji et al. (2018)

En maraîchage raisonné ou biologique, les producteurs utilisent des méthodes alternatives de lutte présentant moins de risques. Il s'agit de l'utilisation des extraits de plantes comme le neem (*Azadirachta indica*), le chan (*Hyptis suaveolens*) et la papaya (*Carica papaya*), et qui sont de fabrication locale (Coulibaly et al. 2008; CORAF 2010). L'objectif de l'introduction de ces biopesticides dans les systèmes de production des légumes est de lutter contre les ravageurs des cultures tout en respectant les principes écologiques, la santé humaine et l'environnement. L'utilisation des biopesticides dans le contrôle des ravageurs des cultures

est considérée comme une partie intégrante d'un système de production durable. Mais leur utilisation est très limitée par les producteurs (Adékambi et al. 2010). Même si les biopesticides sont moins dangereux pour les agroécosystèmes et diminuent le risque de présence de résidus dans les aliments produits, certains biopesticides ont une action moins rapide ou nécessitent un environnement spécifique pour être efficaces et pourraient aussi avoir un impact sur des organismes non cibles utilisés dans le biocontrol (Birch et al. 2011).

Pour la lutte préventive contre les nématodes à galles dans les systèmes biologiques, il est recommandé de retirer au maximum les racines du sol en fin de culture et de bien nettoyer les matériels après un travail sur une parcelle contaminée dans le but de réduire autant que possible la quantité de l'inoculum. Selon (Bertrand 2001), les tourteaux nématocides peuvent être utilisés comme fertilisants avant les cultures sensibles. Sur les parcelles très infestées, le tourteau de neem épandu et enfoui à 6 t/ha peut donner de bons résultats. Pour les traitements d'entretien, un mélange de 2.5 t/ha de tourteaux de neem et de 2.5 t/ha de tourteaux de ricin est satisfaisant et couvre les besoins en azote. En début de culture, un complément d'engrais organique peut être fait pour apporter du phosphore et du potassium. Sridhar et Vijayalakshmi (2002) ont recommandé la préparation d'extraits de feuilles de neem selon le procédé suivant : piler 2 kg de feuilles de neem, placer dans un récipient et y ajouter 4 litres d'eau, laisser reposer trois jours et filtrer ; au moment de l'application, diluer à raison de 9 litres d'eau pour un litre de la solution ; ajouter 100 ml de savon aux 10 litres et mélanger. La préparation ainsi obtenue est pulvérisée sur les plants attaqués.

Pour lutter contre *Plutella xylostella*, au début des attaques, les maraîchers biologiques pulvérisent sur les cultures une bouillie de Biobit, qui est un biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* (Coulibaly et al. 2008). Après le traitement, les chenilles ingèrent les spores de la bactérie, qui deviennent actives à l'intérieur de l'intestin des chenilles et entraînent la paralysie de leurs tubes digestifs, provoquant ainsi une septicémie générale entraînant leur mort 24 à 72 heures plus tard. Le traitement est renouvelé tous les dix jours pour couvrir la période des éclosions.

Le biopesticide LASER 480 SC est utilisé pour lutter contre *Helicoverpa armigera* sur la tomate. La substance active est le spinosad qui est un produit fermenté dérivé du mélange de deux toxines (Spinosyn A et D) sécrétées par une bactérie vivant dans le sol, *Saccharopolyspora spinosa*. Le spinosad provoque en peu de temps chez l'insecte une excitation du système nerveux menant à des contractions musculaires involontaires, à la prostration accompagnée de tremblements et à la paralysie. La mort s'ensuit dans un délai de 1 à 3 jours. Assogba-Komlan et al. (2007) ont montré que le Laser 480 SC est un bioinsecticide efficace par rapport au pesticide chimique Decis pour lutter contre *H. armigera* et autres ravageurs de la tomate tels que les mouches blanches, les pucerons et les mineuses.

Les pratiques de rotations culturales constituent aussi de bonnes stratégies de lutte contre les ravageurs dans les exploitations maraîchères raisonnées/biologiques. Ces pratiques consistent à alterner généralement entre les cycles culturaux, des cultures attaquées par des groupes différents de ravageurs ou des cultures qui exploitent des couches différentes du sol. Par exemple, on observe les rotations laitue-amarante-carotte, tomate-amarante-laitue-vernonia, épinard-navet-laitue-amarante-carotte, grande morelle-navet-laitue. Les cultures telles que le navet, le radis et l'amarante précèdent souvent des cultures sensibles aux nématodes telles que la tomate, la laitue, les cucurbitacées (concombre, courgette, melon, pastèque). La vernonia étant une plante peu parasitée et peu exigeante en éléments nutritifs, elle est souvent mise en fin de rotation pour interrompre le cycle de certains ravageurs.

Irrigation

Le facteur favorisant l'exercice du maraîchage sur le bassin sédimentaire côtier du Sud-Bénin est l'accessibilité aisée à l'eau souterraine, en raison de faible profondeur de la nappe phréatique, ce qui facilite la réalisation des puits traditionnels ou forages. Les modes d'irrigation utilisés sont de type traditionnel avec

arrosoir (5%) et amélioré (95%), basé sur l'utilisation des motopompes à essence ou des pompes électriques pour l'exhaure de l'eau, et des tuyaux pour la distribution de l'eau sous pression aux plantes par le biais des pommes d'arrosage (Atidegla et al. 2011).

Récolte

La récolte des produits maraîchers se fait manuellement. Les stratégies de récolte et de distribution ou vente des produits varient selon les spéculations.

La récolte peut se faire par :

- Arrachage des plants en entier avec les racines qui sont ensuite nettoyées puis habillées pour la vente : c'est l'exemple de la laitue qui se récolte 30 à 45 jours après le repiquage, et de la carotte dont la récolte intervient entre le 90^e jour pour les variétés les plus précoces et le 120^e jour pour les variétés tardives.
- Coupes successives des plants : c'est l'exemple de la grande morelle (dont la récolte des feuilles se fait par coupes successives à 10 cm du sol à partir du 6-8 semaines après le repiquage et peut s'étaler sur une moyenne de 3 mois avec des variétés locales autorisant 8 récoltes) et de l'amarante (dont la première récolte par coupe intervient 21 jours environ après repiquage, suivi de deux autres coupes à intervalles réguliers de 2 à 3 semaines).
- Cueillette des légumes-fruits en séparant de la plante le pédoncule portant le fruit : on peut citer l'exemple de la tomate (dont la récolte débute à partir de la 13^e semaine après le repiquage), le piment (dont la récolte des fruits se fait avec leur pédoncule à partir de 2.5 à 3 mois environ après la plantation, et peut durer 3 à 4 mois et plus selon que la variété du piment est vivace), le concombre et la pastèque (dont la récolte se fait généralement 2 mois environ après le semis en détachant le fruit de la plante).

Certains produits maraîchers se récoltent après la vente à la planche (c'est le cas de la laitue) et d'autres se vendent à la quarantaine après la récolte selon le calibre (c'est le cas du concombre et de la pastèque) ou au kilogramme ou au panier (c'est le cas de la tomate et du piment) ou au sac (exemple de la carotte).

Rotations culturales

Dans les périmètres maraîchers du sud-Bénin, les rotations sont pratiquées en alternant généralement entre elles des cultures attaquées par des groupes différents de ravageurs ou des cultures qui exploitent des couches différentes du sol, ainsi que divers types d'éléments nutritifs. On observe par exemple les rotations : laitue-amarante-carotte, tomate-amarante-laitue-vernonia, grande morelle-oignon-concombre/ pastèque-basilic. Les cultures telles l'amarante, l'oignon précède souvent des cultures sensibles aux nématodes tels que la tomate, la laitue, les cucurbitacées (concombre, pastèque). La vernonia, le basilic étant des plantes peu parasitées et peu exigeantes en éléments nutritifs, elles sont souvent mises en fin de rotation pour interrompre le cycle de certains ravageurs. Il a été remarqué que l'ordre et la nature des cultures ne sont pas toujours respectés, conduisant ainsi à des successions culturales. Les successions des cultures observées sont très variables et sont fonction des besoins des consommateurs et des périodes. Les successions laitue-amarante-laitue, grande morelle-amarante, laitue-chou, laitue-amarante-carotte, laitue-amarante-grande morelle, poivron-laitue ont été observées.

Les associations culturales pratiquées sont presque les mêmes dans tous les systèmes d'exploitation. Mais, elles sont plus observées dans les exploitations biologiques. Elles se font entre des légumes de familles différentes. Elles ne sont pas standards mais sont pratiquées en fonction des légumes cultivés et permettent d'économiser de la main-d'œuvre, de l'espace et des intrants. Les associations autour de l'amarante sont très fréquentes. C'est une plante à croissance rapide qui n'est pas attaquée par les nématodes. On observe les associations :

- Amarante-laitue : cette association ne dure pas longtemps pour éviter la concurrence entre les deux espèces, notamment pour la lumière. Ainsi, la laitue peut être repiquée dix jours avant la récolte de l'amarante. Elle profite alors de l'ombrage procuré par les plants d'amarante et de l'humidité qui en résulte.
- Amarante-carotte : la carotte est une plante très parasitée par les nématodes. Son association avec l'amarante la protège donc contre ces ravageurs. Après la récolte, les tiges d'amarante sont laissées sur place pour les propriétés répulsives de leurs racines vis-à-vis des nématodes, jusqu'à pourriture complète.
- Laitue-grande morelle : la laitue est mise en place une semaine avant la grande morelle. Cette association est faite surtout dans le but d'économiser de l'espace.

3.1.3 Les autres acteurs de la filière

Fournisseurs d'intrants

Les composts utilisés par les maraîchers dans les exploitations raisonnées ou biologiques ont deux sources. Soit ils sont achetés auprès des coopératives basées à Cotonou sur le site maraîcher de Houéyiho, où des personnes ont été formées à la fabrication du compost dans le cadre du Projet de Gestion des Déchets Solides Ménagers (PGSDM). Soit ils sont fabriqués par les maraîchers producteurs eux-mêmes. Les matières organiques ayant servi à la fabrication des composts vendus par les coopératives à Cotonou proviennent généralement des déchets collectés dans le marché Dantokpa, des marchés secondaires, des restaurants, des hôtels et jardins de fleurs. Ainsi, l'origine de ces matières organiques met en doute la qualité des composts achetés par les maraîchers en raison des risques de présence de divers contaminants.

Pour s'assurer de la qualité du compost utilisée par ses producteurs, l'AMAP-Bénin dispose d'un site de compostage où le compost est fabriqué à base des produits résiduels organiques tels que les fientes de volailles, les bouses de vaches, le tourteau de neem, la sciure de bois et le tourteau de palmiste. Le compost produit est vendu aux producteurs de l'association, à raison de 2 200 CFA (3.3 euros) par sac de 30 kg. L'approvisionnement en fientes de volailles se fait auprès des fermes avicoles. La bouse de vache, quant à elle, est obtenue dans le village auprès de la Coopérative d'Aménagement Rural Ouidah Nord (CARON) qui pratique un élevage extensif de bovins.

Les intrants agricoles sont des facteurs déterminants pour la production des cultures maraîchères, mais ces intrants spécifiques sont peu disponibles au sud-Bénin. Dans la pratique, ce sont les fertilisants et les produits phytosanitaires destinés à la culture du coton qui sont utilisés pour le maraîchage, car ce sont les seuls disponibles. Aucun opérateur économique ne s'intéresse à l'offre des intrants (semences, engrais chimiques, produits phytosanitaires) spécifiques pour les cultures maraîchères (PANA 2015). Les engrais minéraux les plus souvent utilisés en maraîchage (NPK et urée) sont fournis par la Centrale d'Achat des Intrants Agricoles (CAIA) du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) qui en fixent les prix. La CAIA assure la commande des intrants chimiques à travers les importateurs distributeurs privés qui les mettent en place au niveau des magasins d'intrants sous le contrôle des secteurs communaux de développement agricole (SCDA). Toutefois, la CAIA n'arrive pas à satisfaire tous les besoins des producteurs en engrais. Certains commerçants particuliers achètent ces engrais et les revendent aux producteurs. Par ailleurs, quelques producteurs s'approvisionnent auprès des commerçants qui vendent des intrants spécifiques non homologués à des prix élevés, souvent en provenance du Nigéria. L'approvisionnement des produits phytosanitaires est fait à partir des pays limitrophes (Togo et Nigéria) pour une bonne partie et par certaines sociétés de la place telles que la Société Nationale pour la Promotion Agricole (SONAPRA) et les sociétés privées de distribution.

L'approvisionnement des maraîchers en semences est assuré par des entreprises privées (BÉNIN SEMENCES et PROCHIMAT) qui importent la plupart des semences des légumes exotiques comme la laitue, la carotte, le chou, l'oignon et les haricots ; tandis que les semences locales sont fournies par le Sous-Programme Cultures Maraîchères de l'INRAB ou collectées par certains maraîchers multiplicateurs de semences. Les semences locales produites par les maraîchers multiplicateurs de semences ne sont soumises à aucune certification et ne respectent pas toujours les règles de multiplication des semences commerciales. Ces semences locales sont vendues dans les boutiques de vente de semences ou en vrac sur les marchés.

Marchés, distributeurs

Au sud-Bénin, la quasi-totalité des légumes produits dans les exploitations maraîchères conventionnelles est destinée à la commercialisation sur les marchés de Cotonou, Porto Novo et Abomey-Calavi et à l'autoconsommation. Pour la commercialisation, la clientèle qui s'adresse aux maraîchers est constituée en majorité de revendeuses (96%) et les 4% restants sont des clients constitués de restaurants ou de consommateurs directs (Ahouangninou et al. 2015).

Les légumes biologiques sont commercialisés selon un système de vente directe et il existe un partenariat solidaire entre les producteurs et les consommateurs au sein du réseau AMAP-Bénin. Les consommateurs préfinancent les éléments de production en échange de légumes de bonne qualité. Le principe est basé sur un contrat dans lequel chaque consommateur achète en début de saison une part de la production qui lui est livrée périodiquement à un coût constant. Le producteur s'engage à fournir des produits dans le respect de la charte de l'agriculture paysanne. Ce système fonctionne sous forme d'un circuit court de distribution. La majorité des consommateurs de légumes biologiques au sein de l'AMAP-Bénin sont des fonctionnaires ayant un revenu mensuel relativement élevé (supérieur à 200 000 CFA, soit 300 euros). Ces consommateurs sont beaucoup plus constitués d'expatriés résidant au Bénin que de Béninois.

Consommateurs

Les préférences des consommateurs sur les légumes sains sont généralement basées sur les perceptions des caractéristiques désirables du produit que sur les alternatives de production conventionnelle (Bonti-Ankomah and Yiridoe 2006). Au Bénin, certains consommateurs reconnaissent que les légumes biologiques sont de meilleure qualité par rapport aux légumes conventionnels ; mais ils coûtent plus cher que les légumes conventionnels. De plus, ils ne sont pas accessibles à tous car ils sont rares et difficilement identifiables sur le marché. Les consommateurs expriment plus la volonté de payer les légumes sains lorsque ces derniers sont à bas prix. Le consommateur rationnel est toujours en quête de légumes de qualité à coût très réduit. Généralement, la proportion de consommateurs disposée à payer plus cher les légumes diminue à mesure que les écarts de prix augmentent, conformément à la loi de la demande. Selon Adétonah et al. (2011), le prix du légume et la taille du ménage sont des attributs très importants dans le choix du consommateur. Une grande famille représente une importante charge financière pour le chef de ménage ; et dans ces conditions, la tendance est souvent de privilégier la quantité plutôt que la qualité comme celle des légumes sains.

3.1.4 Répartition géographique

Les exploitations maraîchères du sud-Bénin sont regroupées en quatre principaux périmètres maraîchers à savoir le village maraîcher de Sèmè-Kpodji (VIMAS), et les périmètres maraîchers de Houéyiho, d'Ouidah et de Grand-Popo. Ces périmètres maraîchers sont situés respectivement dans les communes de Sèmè-Kpodji, de Cotonou, d'Ouidah et de Grand-Popo. Ces communes s'étendent respectivement sur une superficie de 250, 79, 364 et 289 km². Elles sont toutes limitées au sud par l'océan Atlantique et sont ainsi situées en bordure du golfe du Bénin sur un cordon littoral sableux (Figure 6).

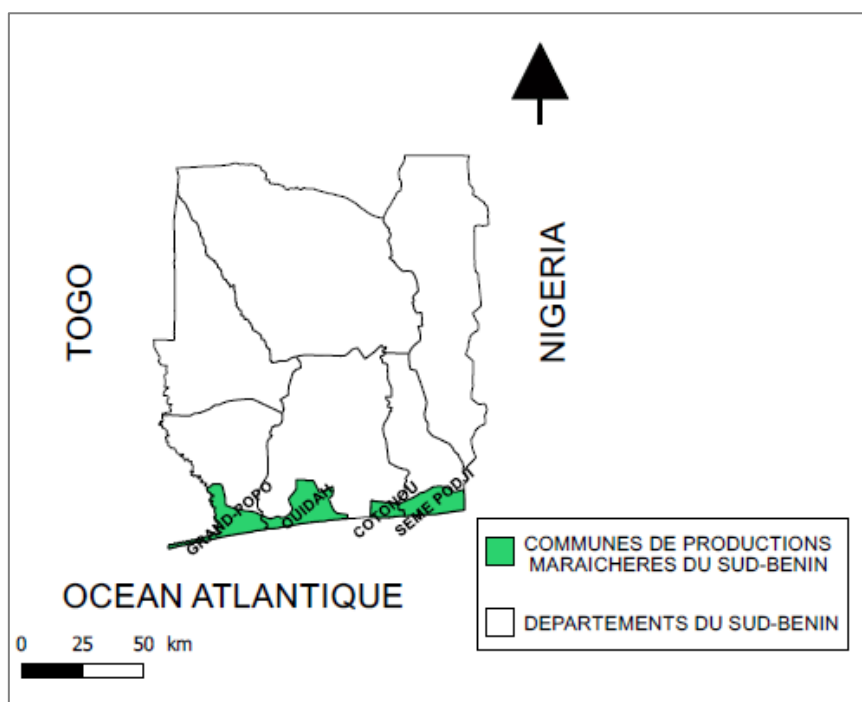


Figure 6. Localisation des communes de productions maraîchères du sud-Bénin

Ces périmètres maraîchers se caractérisent par une exiguïté et une insécurité foncière permanente. Les exploitations présentent généralement de petites superficies, inférieures à 0,25 ha en milieu périurbain et à 0.05 ha en milieu urbain (Assogba-Komlan et al. 2007; Ahouangninou et al. 2011). La superficie moyenne exploitée par maraîcher à Houéyiho (604 m²) est faible comparativement aux sites de Sèmè-Kpodji (2 479 m²) et Ouidah (1862 m²) (Ahouangninou et al. 2013). Les superficies exploitées par maraîcher sont plus faibles à Houéyiho, du fait que ce périmètre se situe à l'intérieur de la ville de Cotonou où la disponibilité en terres agricoles est très limitée. Au sud-Bénin, le périmètre maraîcher de Houéyiho demeure le plus ancien et s'étend sur une superficie totale de 15 hectares exploités depuis 1972 (Assogba-Miguel 1999; Déguénon 2005). La plupart des terres abritant les productions maraîchères à Houéyiho (propriété de l'Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar - ASECNA) et Sèmè-Kpodji appartiennent au domaine public. Par contre, à Ouidah et Grand-Popo, les terres sont occupées par affermage ou appartiennent aux producteurs.

3.1.5 Biomes/disponibilité de l'eau

Du point de vue **climatique**, les périmètres maraîchers du sud-Bénin sont sous l'influence du climat subéquatorial, de type guinéen caractérisé par quatre saisons plus ou moins marquées à durées inégales (Boko 1988) à savoir :

- une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars,
- une grande saison de pluies de mi-mars à mi-juillet,
- une petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre,
- une petite saison de pluies de mi-septembre à mi-novembre.

Les précipitations sont relativement élevées et atteignent en moyenne 1200 mm par an. Le régime pluviométrique est bimodal, avec les pics observés sur les mois de juin et octobre respectivement pour les deux saisons de pluies. La température moyenne est de 27°C, variant de 24 à 30°C en saison des pluies et de 23 à 33°C en saisons sèches. Les écarts entre le mois le plus chaud et le mois le moins froid ne dépassent pas 4°C. L'humidité relative mensuelle varie entre 75 et 90%.

Du point de vue **géologique et pédologique**, les périmètres maraîchers du sud-Bénin sont localisés sur le bassin sédimentaire côtier qui est situé en bordure de l'océan Atlantique et regroupe deux sous-unités topographiques : la plaine littorale et les plateaux de terre de barre au sud de la dépression de la Lama. Les sols dominants abritant le maraîchage sont observés dans la plaine littorale et sont des sols sableux appelés *sols minéraux bruts*, constitués de sables fins, pauvres en matière organique, très perméables et bien drainés.

Du point de vue **hydrogéologique**, la nappe phréatique est peu profonde (moins d'un mètre par endroits à Cotonou, et entre 1 et 6 m dans le sud-Bénin), et se trouve de ce fait très influencée par les eaux de pluie et les lixiviats entraînant une contamination des eaux souterraines par des polluants de toute sorte (Atidegla and Euloge 2010). Les zones de très basses altitudes correspondent à des marécages constituant des axes de convergence des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques.

3.1.6 Flux matériels et économiques

La Figure 7 synthétise les principaux flux de matériels et économiques associés à la filière maraîchère du sud-Bénin. La demande de produits maraîchers au Bénin est satisfaite surtout par des systèmes conventionnels, majoritairement via des marchés publics. La filière satisfait la totalité des besoins domestiques, dont les imports de produits du maraîchage sont négligeables.

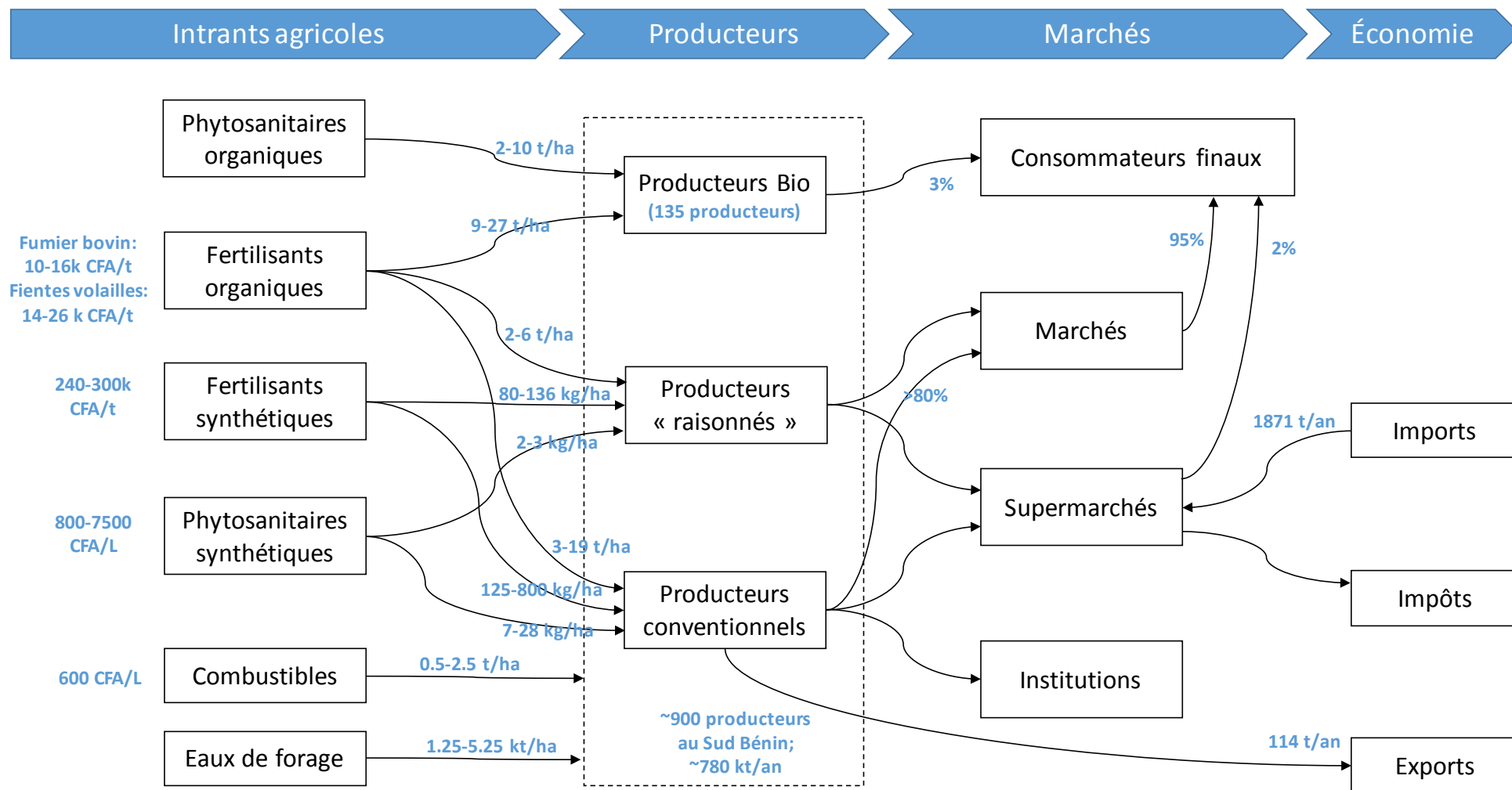


Figure 7. Flux de matériels et économiques de la filière maraîchère du sud-Bénin

3.2 Diagnostic technique

3.2.1 Performances (production)

Au Bénin, la zone de forte production des cultures maraîchères est le littoral atlantique. Pour produire les légumes, les chefs d'exploitations maraîchères ont recours à deux types de main d'œuvre que sont la main-d'œuvre familiale (30%) et la main-d'œuvre salariée (70%). La main-d'œuvre familiale lorsqu'elle existe sur une exploitation est de nature permanente. Elle est constituée dans la majorité des cas des membres de la famille du chef de l'exploitation. La main-d'œuvre salariée est soit permanente, soit occasionnelle. Dans la majorité des cas, les maraîchers font usage des deux formes de main-d'œuvre salariée en période de pointe ou de forte production. Le nombre d'employés diffère d'un maraîcher à un autre et d'une exploitation à l'autre (Akpovo 2006). Les employés ont pour rôle de mener toutes les activités maraîchères en cours sur l'exploitation pour lesquelles ils sont conviés. Par ailleurs, la filière maraîchère étant encore moins structurée, l'estimation des surfaces cultivées en légumes et l'identification des zones de production souffrent d'un manque de précision (Simeni et al. 2009). Aussi, les informations et données statistiques sur les volumes de production, les rendements et la commercialisation des produits maraîchers sont très limitées (PADMAR 2015).

Néanmoins, les légumes de plus grande consommation sont la tomate, les légumes-feuilles, les légumes-fruits et l'oignon et les statistiques ne tiennent pas compte du type de système maraîcher (INSAE 2018). Pour chacun de ces légumes, on assiste à une inconstance de la production d'année en année (tantôt en hausse, tantôt en baisse) avec des niveaux de rendement évoluant en dent de scie. Mais en général, les superficies emblavées ont connu une forte amélioration durant ces dernières années. Ainsi, selon les statistiques du MAEP :

- Les superficies cultivées en tomate sont passées en 2008 de 31 623 ha à 37 968 ha en 2012, avec une production allant de 184 526 à 244 742 tonnes et un rendement de 5 835 à 6 446 t/ha. Ainsi, les superficies et le rendement ont connu une augmentation de 20 et 10.5% respectivement pendant que la production a augmenté de 33% entre 2008 et 2012.
- Concernant les légumes-feuilles, la superficie emblavée enregistrée est de 9 665 ha en 2012, soit un accroissement de 27% par rapport à l'année 2008 où la superficie emblavée était de 7 588 ha. Le rendement est passé de 4 972 à 7 455 t/ha, et la production de 37 731 à 72 055 tonnes, soit respectivement un accroissement de 50 et 91% au cours de la période.
- Pour les légumes-fruits, les superficies emblavées sont passées de 227 à 1 693 ha entre 2008 et 2012, soit une augmentation de 646%. Le rendement est passé de 7 046 à 18 404 t/ha, et la production de 1 952 à 31 156 tonnes, soit respectivement un accroissement de 161 et 1 496%.

En outre, dans la littérature, il existe peu de données relatives aux coûts de production des légumes, les bénéfices nets réalisés encore moins par type de système de production. Cependant, certaines études au sud-Bénin ont porté sur l'évaluation de la rentabilité de certains légumes. Ainsi, une étude conduite par Coste et al. (2004) a révélé que les coûts de production de la tomate augmentent fortement en contre-saison tandis qu'en saison des pluies, le prix de revient de la tomate est plus bas au Bénin. Ahouangninou et al. (2015) ont rapporté que les rentabilités des capitaux engagés dans la production du chou pommé et de la grande morelle sont respectivement de 108 et 96% en moyenne dans les périmètres maraîchers de Houéyiho, Sèmè-Kpodji et à Ouidah. Autrement dit, 1000 CFA (1.5 EUR) dépensés dans la production du chou pommé ou de la grande morelle génèrent respectivement un bénéfice supplémentaire de 1100 et 960 CFA (1.7 et 1.45 EUR) en moyenne dans les trois périmètres maraîchers ; les valeurs ajoutées moyennes de production étant de 9 045 558 et 2 930 182 CFA/ha respectivement pour le chou pommé et de la grande morelle. Ainsi, le maraîchage au sud-Bénin apparaît comme une activité économiquement rentable.

3.2.2 *Marketing, commerce*

La performance du marché de la filière maraîchère dépend de plusieurs facteurs que sont la régularité de l'offre, la réduction des frais de transport (certains producteurs livrent sur site), le prix d'achat, la réduction des tâches de conditionnement (surtout pour les légumes feuilles) et l'accès à un grand nombre d'offres. Ces facteurs définissent les principales raisons qui orientent les acteurs vers les différents marchés de commercialisation des légumes : les marchés de regroupement périurbain en premier lieu, ensuite les marchés urbains de consommation et enfin les sites maraîchers. Les deux premiers marchés sont généralement animés par des revendeurs. En effet, concernant la commercialisation des produits maraîchers, la clientèle qui s'adresse aux producteurs est constituée de revendeuses à plus de 95%, et moins de 5% des clients sont constitués de restaurants ou de consommateurs directs (Ahouangninou 2013). Les circuits de commercialisation des produits maraîchers au sud-Bénin sont courts. Du producteur au consommateur, on note peu d'intermédiaires intervenant dans le circuit de distribution. La plupart des maraîchers livrent leurs productions aux revendeuses détaillantes qui les vendent directement aux consommateurs. Très peu de grossistes ou négociants interviennent dans le circuit de commercialisation.

3.2.3 *Consommation*

Par sa production propre, le Bénin n'arrive pas à couvrir ses besoins alimentaires en produits maraîchers, bien que les superficies emblavées de maraîchage s'accroissent d'une campagne à une autre. Ainsi, les besoins en légumes-feuilles, tomate, pomme de terre, oignon, piment sont compensés par des importations depuis les pays voisins tels que le Burkina Faso, le Nigéria et le Togo dans la sous-région (PSRSA 2011; PADMAR 2015). Cependant, les exploitants maraîchers au sud-Bénin parviennent à produire certains légumes pour les marchés d'Accra au Ghana et de Lagos et d'Ibadan au Nigéria (PADMAR 2015). Selon cette source, les quantités de légumes consommées par les ménages béninois sont estimées à 141 000 t pour la tomate, 103 000 t pour les légumes-feuilles, et 28 000 t pour l'oignon. La consommation nationale de légumes frais a été estimée à 74 000 tonnes en 2002, soit environ 80 kg par personne et par an (PADAP 2003).

La consommation des légumes est beaucoup plus fréquente dans les ménages instruits que dans les ménages analphabètes. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les personnes scolarisées ont de meilleures connaissances en nutrition en raison de l'éducation nutritionnelle formelle qui leur permet de comprendre l'importance des fruits et légumes dans l'alimentation afin d'augmenter la fréquence de la consommation de ces aliments. Agueh et al. (2016) ont d'ailleurs rapporté que le coût des fruits et légumes n'est pas un facteur déterminant la consommation de ces aliments ; et c'est plutôt la scolarisation qui est le principal facteur déterminant la consommation des fruits et légumes chez les Béninois.

3.3 **Contexte techno-politique-commercial où la filière se déroule**

3.3.1 *Structure politique et initiatives gouvernementales*

L'organisation de la filière maraîchère peut être considérée comme « embryonnaire » dans les départements du sud-Bénin, par rapport aux autres filières cotonnières et vivrières qui sont déjà structurées en filières nationales. C'est pour cette raison que le maraîchage a été identifié comme l'une des filières agricoles prioritaires à promouvoir au Bénin dans le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA 2011). À ce titre, il est érigé au rang des treize filières agricoles prioritaires du gouvernement du Bénin qui devront servir de relance du secteur agricole béninois. Pour ce faire, le gouvernement a sollicité l'assistance du Fonds international de développement agricole des Nations Unies (FIDA) pour la préparation et le financement d'un projet d'appui au développement du maraîchage au Bénin (PADMAR 2015). Ce projet s'inscrit dans une dynamique générale d'intensification de la filière maraîchère, avec les spécificités ci-après :

- un ciblage des petites exploitations maraîchères afin de maximiser sa contribution à la création d'emplois et la réduction de la pauvreté rurale ;
- une prise en compte de la dimension filière à développer à travers un renforcement des organisations professionnelles et des métiers et des services en amont et en aval de la production ;
- une promotion systématique des technologies modernes, économes en eau et là où c'est possible, l'énergie solaire afin de rendre la petite entreprise maraîchère plus compétitive ;
- une promotion systématique des intrants de qualité ;
- une promotion des légumes-feuilles locaux, appréciés par le consommateur et riches en vitamines et minéraux ; et
- un renforcement systématique d'une résilience contre le changement climatique.

Le projet n'envisage pas de développer une filière de maraîchage biologique mais de promouvoir des alternatives économiquement viables à l'usage exclusif d'intrants synthétiques. Le projet est circonscrit dans les régions du sud-Bénin et intervient dans sept départements (Atlantique, littoral, Mono, Couffo, Ouémé, Plateau et Zou) sur les douze que compte le pays.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a financé en 2015 l'élaboration des fiches et manuels techniques sur les principales cultures maraîchères du pays que sont : la tomate, le piment, la grande morelle, l'oignon, la carotte, le chou, la laitue, l'amarante, la basilique africaine (*Occimum gratissimum*) et la vernonie (*Vernonia amigdala*). Le processus de finalisation de ces fiches et manuels techniques élaborés par l'INRAB a exigé l'organisation d'un atelier de validation qui a eu lieu à Cotonou du 21 au 23 avril 2015.

En juillet 2001, le Schéma directeur de Développement Agricole et Rural (SDDAR) a été conçu et rendu opérationnel avec l'élaboration du Plan Stratégique Opérationnel (PSO). Le SDDAR et le PSO considèrent clairement la dimension genre comme un axe transversal majeur dans la programmation et la réalisation des diverses activités du secteur agricole. Pour réduire les inégalités de genre dans ce secteur, la loi n° 2007-03 du 16 octobre 2007 a été promulguée, et porte régime foncier rural en République du Bénin et garantit aux femmes de façon explicite le droit à la succession de leurs ascendants ou conjoints sur les terres rurales. Ces dispositions au niveau national ont constitué un environnement favorable à la promotion du genre dans le secteur agricole, notamment dans la filière maraîchère. Ainsi, l'engagement des partenaires techniques et financiers (Coopération danoise, la Coopération suisse, la Coopération belge, la Coopération allemande, USAID et autres) a permis d'enclencher des actions genre dans ce secteur. La volonté politique de promotion de genre dans ce secteur s'est traduite par la création du Service de Promotion des Activités Féminines Rurales (SPAFR) à la Direction de la Promotion et de la Législation Rurales (DPLR). Ce service créé dans le cadre de la mise en œuvre du Projet de Restructuration des Services Agricoles (PRSA), a pour mission de promouvoir les activités socioéconomiques des femmes rurales (FAO et Commission de la CEDEAO 2018).

Dans le cadre du PADMAR, la direction de la législation rurale, de l'appui aux organisations professionnelles et à l'entrepreneuriat agricole (DLROPEA) du MAEP accompagne le projet en apportant un appui technique dans le cadre de l'exécution du suivi des activités relatives à la sécurisation foncière et à la diffusion des éléments de transactions foncières. La DLROPEA œuvre essentiellement pour la facilitation de la réalisation des diagnostics fonciers, la définition d'un mécanisme consensuel d'installation des exploitants maraîchers sur les sites aménagés qui intègre la nature du droit détenu (propriétaires ou simples usagers), la sensibilisation des populations de la zone du projet sur les dispositions législatives et réglementaires qui régissent le foncier et les domaines et la sécurisation des sites devant abriter les infrastructures à réaliser au profit des bénéficiaires du PADMAR (2015).

3.3.2 *Initiatives régionales*

Du fait que la filière maraîchère n'ait pas encore été structurée en tant que faîtière nationale, le conseil d'administration de la FUPRO-BENIN a décidé de soutenir les maraîchers membres des faîtières et des unions régionales en vue de la constitution de l'association nationale des maraîchers, afin de prendre en charge leurs besoins spécifiques. Pour mettre en œuvre son plan stratégique 2014-2018, la FUPRO-BENIN a noué des partenariats avec plusieurs institutions qui contribuent à son financement. Il s'agit de la fondation néerlandaise AGRITERA, la Coopération suisse, l'Agence française de développement et le Conseil ouest-africain pour la recherche et le développement agricole (CORAF – Production et distribution durables de semences certifiées en Afrique de l'Ouest) (PADMAR 2015).

3.3.3 *Initiatives du secteur privé*

Le réseau des ONG actives dans l'agriculture joue un rôle d'appui-conseil aux producteurs. Il renforce leurs capacités dans le domaine de la production, de gestion et de mise en marché des produits maraîchers. Ces actions permettent aux producteurs de mieux produire et de contribuer ainsi à l'amélioration de la performance de la filière maraîchère.

Le secteur privé joue également un rôle important dans la filière maraîchère en termes d'approvisionnement en intrants, la fourniture d'équipements agricoles, la transformation des produits agricoles, la commercialisation, l'exportation, les prestations de services, etc. Il est présent et efficace sur toutes les chaînes de production.

Les partenaires techniques et financiers (Agence belge de Développement, Coopération technique allemande, Organisation néerlandaise de développement à travers l'agrobusiness center, etc.) sont par ailleurs des acteurs clés dans le dispositif institutionnel. Ils font des appuis financiers et techniques à travers des projets et programmes qu'ils initient et participent au dialogue constructif entre les autorités du Bénin et les autres acteurs de la filière maraîchère.

3.3.4 *Règles informelles*

La production et la distribution de semences maraîchères restent un domaine à réglementer. En effet, les producteurs multiplicateurs de semences locales sont généralement des maraîchers qui se spécialisent de façon informelle dans la production et la distribution de semences.

3.3.5 *Contraintes : politiques et financières, éducationnelles, techniques*

Le développement de la filière maraîchère au sud-Bénin est accompagné de nombreuses contraintes dont les plus importantes sont : i) la pression foncière avec pour conséquence la surexploitation des terres, ii) la non-disponibilité d'intrants spécifiques adaptés à la production maraîchère, iii) la qualité et la faible maîtrise de l'eau avec l'absence des systèmes modernes d'irrigation, iv) les attaques de ravageurs de toutes sortes occasionnant ainsi d'énormes pertes de production, v) le faible niveau d'organisation des acteurs de la filière, vi) la forte indépendance financière des producteurs et la difficulté d'accès aux crédits, vii) les coûts élevés des intrants spécifiques notamment biologiques, viii) le manque d'encadrement technique.

Du point de vue foncier, le périmètre de Sèmè-Kpodji par exemple, est menacé de disparition en raison du projet de construction du port pétrolier, minéralier et commercial en eau profonde de Sèmè-Kpodji sur un domaine de près de 1000 ha. Quant au périmètre de Houéyiho, il est localisé sur le domaine de l'ASECNA, et situé sur la trajectoire de la descente des avions présentant ainsi des risques majeurs tels que les catastrophes aériennes et la pollution du sol et des légumes par les ET.

Du point de vue financier, les maraîchers, pour la plupart, sont autonomes et ne bénéficient pas d'aides ou de subventions pour leurs activités de production (Ahouangninou et al. 2015). Les maraîchers ont un accès limité au crédit. Les services financiers qui leur sont offerts sont en général peu adaptés à leurs besoins. Les conditions d'accès aux services financiers (au moins trois cautions, garanties matérielles et financières) ne sont souvent pas remplies par les petits exploitants.

D'après PANA (2015), les contraintes liées à l'adoption des bonnes pratiques agroécologiques de protection phytosanitaire des cultures maraîchères, se résument comme suit : (i) la méconnaissance des biopesticides par la majorité des maraîchers, (ii) la méconnaissance des techniques de fabrication des biopesticides à base des matières premières locales (feuilles et graines de neem, feuilles de papayer, gousses d'ail etc.), (iii) la pénibilité dans les modes de fabrication des biopesticides, (iv) la non-disponibilité et la non-commercialisation des biopesticides aqueux (extraits aqueux à base de neem, de feuilles, de papayers, etc.) sur le terrain, (v) la commercialisation à prédominance des produits phytosanitaires non homologués, (vi) la non-maîtrise des doses applicables des biopesticides par les maraîchers.

3.3.6 Gouvernance de la chaîne de valeur

Le MAEP a adopté depuis 2007 la promotion des filières par le développement des chaînes de valeur ajoutée. Au nombre des approches retenues figurent les Clusters agricoles développés par les Partenaires techniques et financiers intervenant en appui au secteur agricole au Bénin, notamment l'approche Value Links promue par la Coopération technique allemande (GIZ) et développée dans plusieurs pays, l'approche CASE (Compétitive Agricultural System and Entreprises, Figure 8) soutenue par l'International Fertilizer Development Center (IFDC), etc. (MAEP 2017). Le modèle CASE est un outil de promotion des filières agricoles ou une structure d'appui entrepreneurial à caractère privé identifiée pour sa capacité managériale. L'outil Clusters agricoles intervient dans le processus de développement des filières pour mobiliser les acteurs directs et indirects autour des CVA pour la mise en marché d'un produit final dans le cadre d'un modèle d'affaires. L'application de l'outil clusters agricoles pour la promotion de la filière maraîchère au cours de la période de 2011 à 2015 a conduit à un taux d'accroissement de la production des cultures maraîchères de 95% par rapport à la référence et à un taux de réalisation de 158.5% par rapport à la cible 2015 (400 000 t) (MAEP 2017).

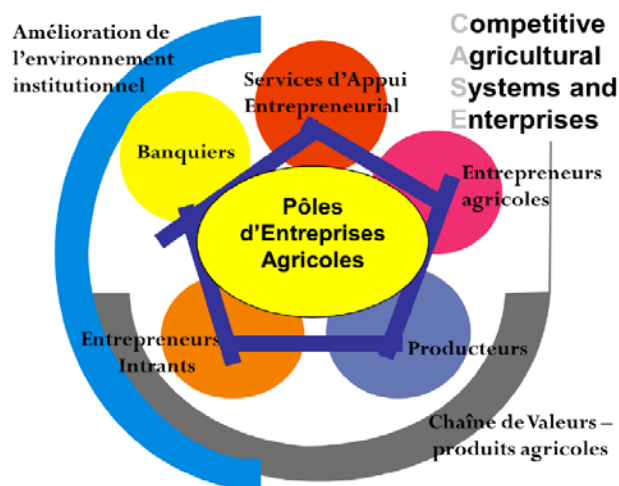


Figure 8. CASE, une approche intégrée (MAEP 2017)

L'approche CASE s'appuie sur trois dimensions d'analyse à savoir :

- L'environnement institutionnel c'est-à-dire l'environnement des affaires composé des institutions étatiques et des privés capables de faire des appuis-conseils, et de prendre des mesures incitatives au développement des filières.

- La CVA agricole c'est-à-dire la succession des activités de production, de transformation, de commercialisation et de consommation qui produit des valeurs ajoutées au niveau de chaque maillon.
- Le pôle d'entreprise agricole qui est composé des acteurs directs de la chaîne, c'est-à-dire les fournisseurs d'intrants, les producteurs, les transformateurs, les commerçants auxquels s'ajoutent les acteurs indirects tels que la banque, les services d'appui entrepreneurial.

Du point de vue de soutien scientifique à la filière, l'INRAB travaille sur les questions d'adaptation des variétés des cultures maraîchères. Les travaux de recherche de l'INRAB concernent notamment l'introduction et le test des semences de variétés améliorées et la production des semences de base.

4 Analyse nutritionnelle (WP 2.2)

4.1 Résultats des analyses de laboratoire : teneurs en nutriments des produits

Tableau 4 à Tableau 6 présentent les teneurs moyennes en micronutriments des légumes produits respectivement dans les systèmes biologique, conventionnel et raisonné dans les périmètres maraîchers étudiés au Sud-Bénin. L'analyse comparative de ces tableaux révèle que les légumes-feuilles notamment les laitues produites dans le système biologique contiennent plus de fer (25.74 ± 1.34 mg/100 g MS) que celles produites dans le système conventionnel (17.31 ± 4.14 mg/100 g MS). Ce résultat confirme le constat fait par Worthington (2001), qui a signalé que les légumes biologiques contiennent des teneurs élevées en fer comparativement aux légumes conventionnels. Par contre, pour les teneurs en calcium, manganèse et zinc de nos laitues, aucune différence significative n'a été observée entre les systèmes biologique et conventionnel. Pour les cultures de carotte et de la tomate, les teneurs en calcium, fer, manganèse et zinc ne sont pas significativement différentes d'un système à un autre pour une même culture. De même pour ces mêmes minéraux dans les cucurbitacées, il n'y a pas de différences significatives entre les concombres produits dans les systèmes biologique et conventionnel d'une part, et entre les pastèques produites dans les systèmes biologique et raisonné d'autre part. Ces résultats obtenus dans les légumes produits dans les différents systèmes étudiés au sud-Bénin confirment les observations faites par Woese et al. (1997), qui ont constaté après une revue de littérature que les teneurs en minéraux et oligo-éléments des légumes produits dans le système biologique sont similaires à ceux des légumes produits conventionnels.

Tableau 4. Teneur en micronutriments des produits de la filière bio, en mg/100 g matière sèche

	Légumes-feuilles (laitue)		Carottes		Tomate		Cucurbitacées (concombre)	
Paramètre	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Ca	311.75	167.44	25.37	3.74	11.97	1.31	30.76	0.96
Fe	25.74	1.34	2.37	0.03	3.40	0.05	4.27	0.42
Mn	4.79	2.72	4.01	2.15	0.73	0.22	1.91	0.59
Zn	6.44	1.16	6.21	3.30	2.51	0.18	4.39	0.04

Tableau 5. Teneur en micronutriments des produits de la filière conventionnelle, en mg/100 g matière sèche

	Légumes-feuilles (laitue)		Carottes		Tomate		Cucurbitacées (concombre)		Cucurbitacées (pastèque)	
Paramètre	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Ca	308.02	218.42	31.57	9.75	13.95	1.42	23.47	6.78	8.03	0.46
Fe	17.31	4.14	3.91	1.87	3.46	0.46	5.02	2.43	2.76	0.23
Mn	2.50	0.88	1.39	1.23	0.76	0.33	2.37	0.18		
Zn	5.95	1.41	4.83	1.44	2.33	0.28	4.54	1.37	0.46	0.35

Tableau 6. Teneur en micronutriments des produits de la filière raisonnée, en mg/100 g matière sèche

	Carottes		Tomate		Cucurbitacées (pastèque)	
Paramètre	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Ca	26.20	0.58	9.46	3.63	8.70	2.19
Fe	2.52	0.05	2.97	0.88	2.25	0.53
Mn	2.60	1.20	0.69	0.37		
Zn	4.65	0.63	2.3	0.46	0.75	0.17

4.2 Revue documentaire : teneurs en nutriments des produits

Par rapport aux autres nutriments (e.g. vitamines A, B-12 et D) et anti-nutriments (phytates et polyphénols) d'intérêt, une revue bibliographique a permis constater quelques points clé :

- La revue d'études sur la valeur nutritionnelle, qualités sensorielles et sécurité alimentaire des aliments produits biologiquement et conventionnellement de Bourn AMD Prescott (2002) suggère que :
 - À l'exception peut-être de la teneur en nitrates, il n'existe pas de preuves solides que les aliments biologiques et conventionnels diffèrent en termes de concentrations de divers nutriments.
 - Les considérations relatives à l'impact des systèmes de culture biologique sur la biodisponibilité des nutriments et des composants non nutritifs ont reçu peu d'attention et constituent des orientations importantes pour les recherches futures.
 - Bien que certains rapports indiquent que les fruits et légumes biologiques et conventionnels peuvent différer en fonction de diverses qualités sensorielles, les résultats ne sont pas cohérents.
 - Dans les études futures, il conviendra d'évaluer la possibilité que des systèmes de distribution ou de récolte biologiques typiques puissent fournir des produits différents en termes de fraîcheur ou de maturité. Il n'existe aucune preuve que les aliments biologiques puissent être plus sensibles à la contamination microbiologique que les aliments conventionnels.
 - Bien qu'il soit probable que les aliments issus de l'agriculture biologique contiennent moins de résidus de pesticides, il existe très peu de documentation sur les niveaux de résidus.
- La revue de Popa et al. (2019) sur la contribution des aliments biologiques à la qualité et à la valeur nutritionnelles a trouvé pour la vitamine C, les caroténoïdes, et contenu phénolique une teneur plus élevée pour les tomates biologiques par rapport aux tomates conventionnelles, lorsqu'elles sont exprimées en matière fraîche ; lorsqu'elles sont exprimées en matière sèche, aucune différence n'a été constatée en ce qui concerne la teneur en caroténoïdes, alors que les concentrations de vitamine C et de polyphénols restent plus élevées dans les purées de tomates biologiques.
- La revue exhaustive de Mie et al. (2017) sur les implications de l'alimentation et de l'agriculture biologique pour la santé humaine affirme que :
 - Les études systématiques existantes ont systématiquement constaté une baisse de l'azote total (7 %, 10 %) et une augmentation du phosphore (différence moyenne standardisée 8 %) dans les cultures biologiques par rapport aux cultures conventionnelles.

- Les études systématiques s'accordent généralement pour dire que la concentration de macronutriments, de vitamines et de minéraux dans les cultures n'est pas du tout ou peu affectée par le système de production.
- L'ensemble des méta-analyses publiées indiquent une teneur légèrement plus élevée en composés phénoliques dans les aliments biologiques, mais les éléments disponibles ne constituent pas une base suffisante pour tirer des conclusions sur les effets positifs des produits biologiques par rapport aux produits végétaux conventionnels en ce qui concerne la santé humaine.
- Une teneur plus faible en Cd des cultures biologiques est donc plausible en raison d'une teneur plus faible en Cd dans les engrais utilisés dans l'agriculture biologique, et potentiellement en raison d'une teneur plus élevée en matière organique du sol dans les terres agricoles biologiques. Pour d'autres métaux toxiques, notamment le plomb, le mercure et l'arsenic, aucune différence de concentration entre les cultures biologiques et conventionnelles n'a été signalée.
- Une teneur légèrement plus élevée en composés phénoliques dans les fruits et légumes biologiques a été signalée à plusieurs reprises.

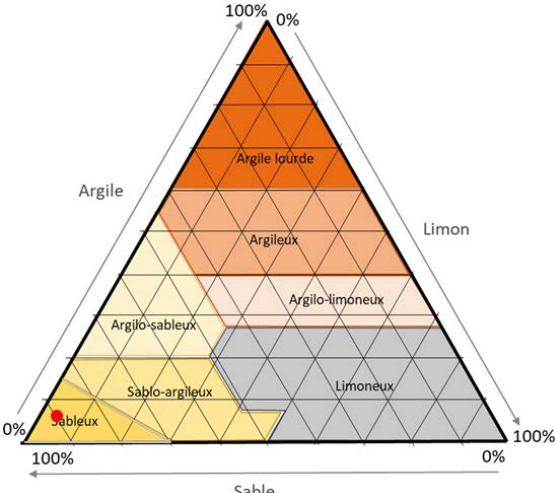
En conclusion, la composition en nutriments ne diffère que très peu entre les cultures biologiques et conventionnelles.

5 Analyse environnementale (WP 2.3)

5.1 Résultats des analyses de laboratoire : sols, fertilisants organiques, eaux

Les résultats des analyses des sols agricoles dominant le paysage maraîcher du sud-Bénin (Tableau 7) nous renseignent sur l'estimation des émissions directes au champ associées à la fertilisation et la lutte phytosanitaire.

Tableau 7. Résultats moyens des analyses de sol (tous les sites confondus)

Paramètre	Unité	Moyenne	Écart type	Triangle de textures des sols
pH eau		5.40	2.51	
pH KCl		5.05	2.36	
C organique	%	0.91	0.44	
N total	%	0.07	0.04	
C/N		10.93	5.48	
Matière organique	%	1.56	0.75	
N-NH ₄ ⁺	ppm	3.14	1.34	
N-NO ₃ ⁻	ppm	5.44	3.16	
N minéral (ammonium + nitrates)	ppm	8.43	4.21	
Conductivité		0.35	0.82	
Argile	%	6.44	1.76	
Limon	%	3.80	0.96	
Sable	%	89.30	1.79	
Réserve utile	mm/cm	1.12	0.15	
Texture		Sableuse		

La Figure 9 ci-après présente les teneurs en phosphates et nitrates des eaux de forage servant à l'irrigation des cultures dans les différents périmètres maraîchers étudiés. L'analyse de la figure révèle que les teneurs en phosphates et nitrates des eaux de forage prélevées dans le périmètre de Houéyiho (46 ± 11 et 126 ± 25.7 mg/L respectivement pour les phosphates et les nitrates) sont significativement (p -value < 0.05) plus élevées comparativement à celles des périmètres maraîchers de Sèmè-Kpodji (respectivement 3.5 ± 1.8 et 59.3 ± 17.3 mg/L) et de Ouidah (respectivement 3.8 ± 0.9 et 31.3 ± 10.3 mg/L). Les fortes teneurs en phosphates et nitrates des eaux d'irrigation prélevées dans le périmètre de Houéyiho indiquent des risques de pollution des eaux du périmètre. En comparant les teneurs moyennes en nitrates des eaux de forage de ces périmètres maraîchers à celles maximales admises dans les eaux potables qui sont de 50 mg/L (WHO 2011), on constate que les teneurs en nitrates des eaux de Houéyiho et de Sèmè-Kpodji sont supérieures à cette norme. Assogba-Komlan et al. (2007) ont d'ailleurs rapporté que les pratiques de surdosage des fertilisants organiques et minéraux dans les périmètres maraîchers du bassin côtier du Sud-Bénin mettent en évidence les risques de pollution des eaux souterraines par les nitrates en raison de la texture sableuse des sols qui sont très filtrants. Les teneurs en phosphates et nitrates obtenus dans les eaux de forage destinées à l'irrigation dans cette étude sont nettement supérieures à celles obtenues dans les eaux d'irrigation des mêmes périmètres en 2011 par Ahouangninou (2013) et qui sont des traces pour les phosphates et de l'ordre de 16.4, 13.45 et 32.75 mg/L respectivement pour les nitrates dans les eaux des périmètres de Houéyiho, Sèmè-Kpodji et Ouidah. Nos résultats indiquent donc une pollution croissante en nitrates et phosphates de ces eaux au cours du temps.

Quant aux analyses des résidus de pesticides lambda-chyhalothrine dans ces eaux, les résultats obtenus dans l'ensemble des périmètres sont inférieurs à la limite de détection, n'indiquant aucune trace de contamination en résidus de pesticides dans ces eaux d'irrigation. Nos résultats confirment ceux obtenus par Ahouangninou (2013) qui a rapporté que les eaux d'irrigation de ces périmètres ne contiennent pas des résidus de pesticides.

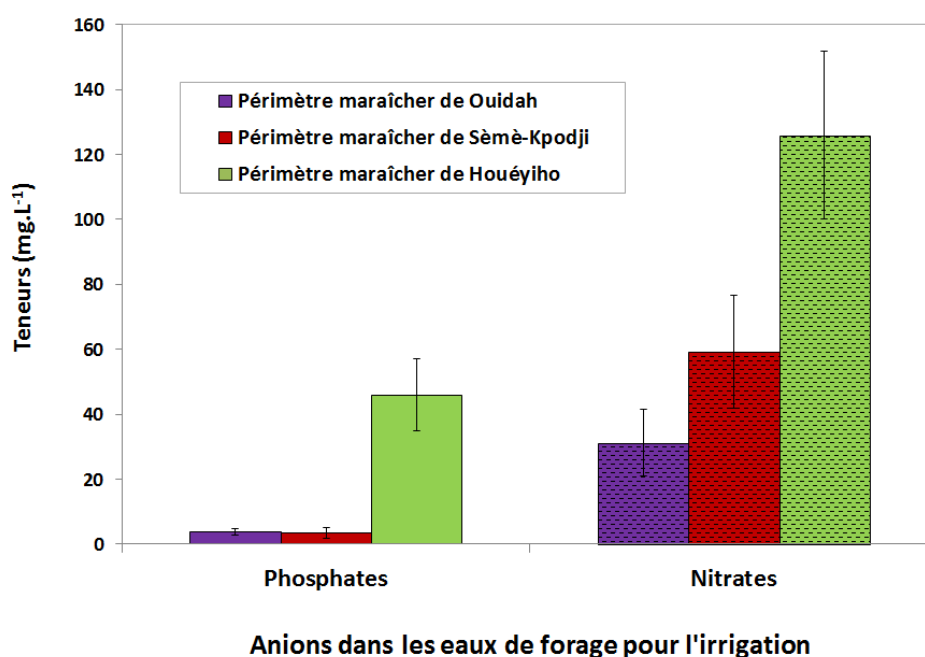


Figure 9. Teneurs en phosphates et nitrates des eaux de forage servant à l'irrigation des cultures dans les périmètres maraîchers de Houéyiho, Ouidah et Sèmè-Kpodji au sud Bénin.

Le fertilisant organique le plus répandu est les fientes de volaille. Les fientes utilisées au sud Bénin ont des caractéristiques variables (ex : teneurs en N et C, Figure 10) et ses teneurs en éléments trace sont considérablement plus élevées que ceux des fientes utilisées en France.

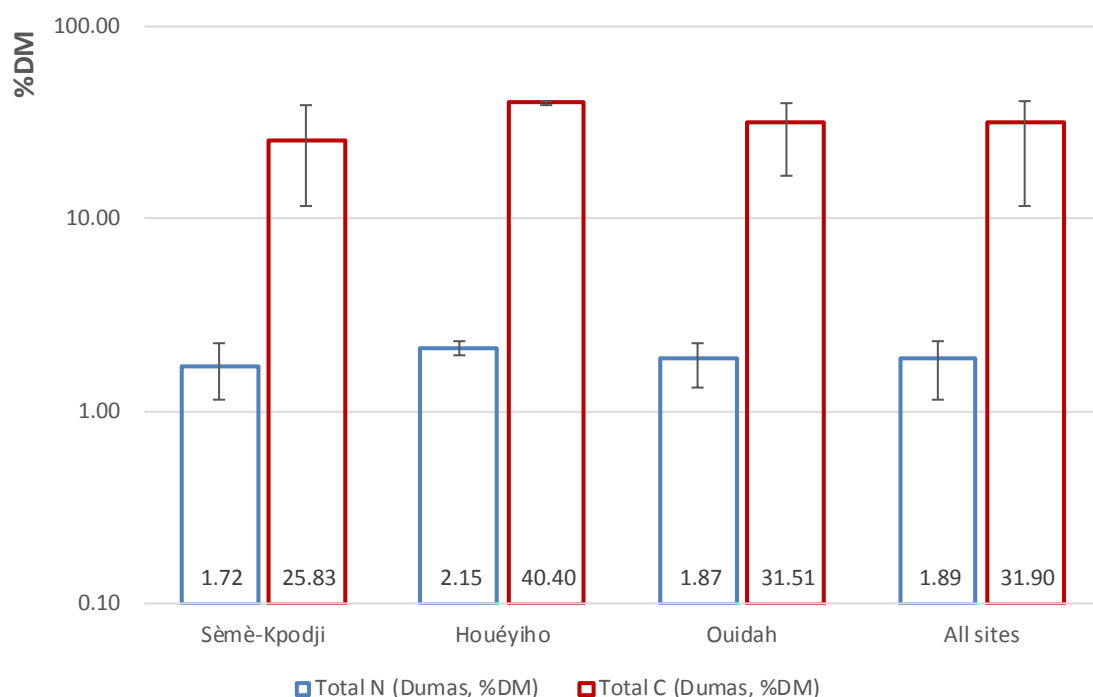


Figure 10. Teneurs en N et C des fientes de volaille épandues au sud Bénin (les barres d'erreur représentent les limites minimale et maximale mesurées).

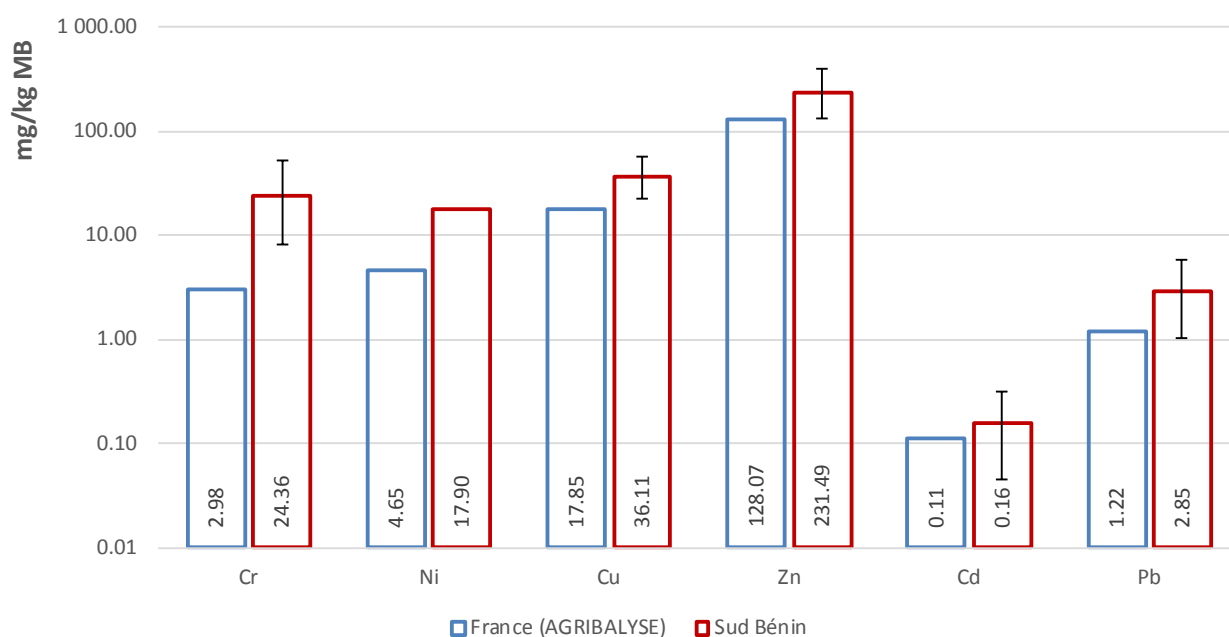


Figure 11. Teneurs en éléments trace des fientes de volaille épandues au sud Bénin et en France (les barres d'erreur représentent les limites minimale et maximale mesurées).

5.2 Introduction à l'ACV (objectif et portée)

5.2.1 Limites du système

Les limites de l'étude ACV correspondent au périmètre maraîcher du sud-Bénin, représenté par les trois sites concernés. Dans chaque site, un échantillon d'exploitations a été enquêté, à l'échelle de l'unité de production. Chaque unité de production correspond à une culture d'intérêt, mais les effets et impacts des fertilisants devraient être raisonnés à cette échelle (Nemecek et al. 2001; Brankatschk and Finkbeiner 2015;

Liao et al. 2015; Koch and Salou 2016), surtout dans ce contexte de cycles courts (le cycle maraîcher tropical dure entre 1 et 4 mois), et pour analyser un contraste entre les types de production agricole (Meier et al. 2015). On a donc construit des inventaires du cycle de vie (ICV) pour chaque culture d'intérêt, mais prenant en compte les cultures précédentes et suivantes dans l'estimation des émissions directes au champ (Figure 10), pour l'estimation desquelles la méthode AGRIBALYSE v1.3 (Koch and Salou 2016) a été utilisée, sauf pour les émissions azotées, pour lesquelles la méthode Indigo-N v2.7 (Bockstaller and Girardin 2010), plus adaptée au milieu tropical, a été retenue.

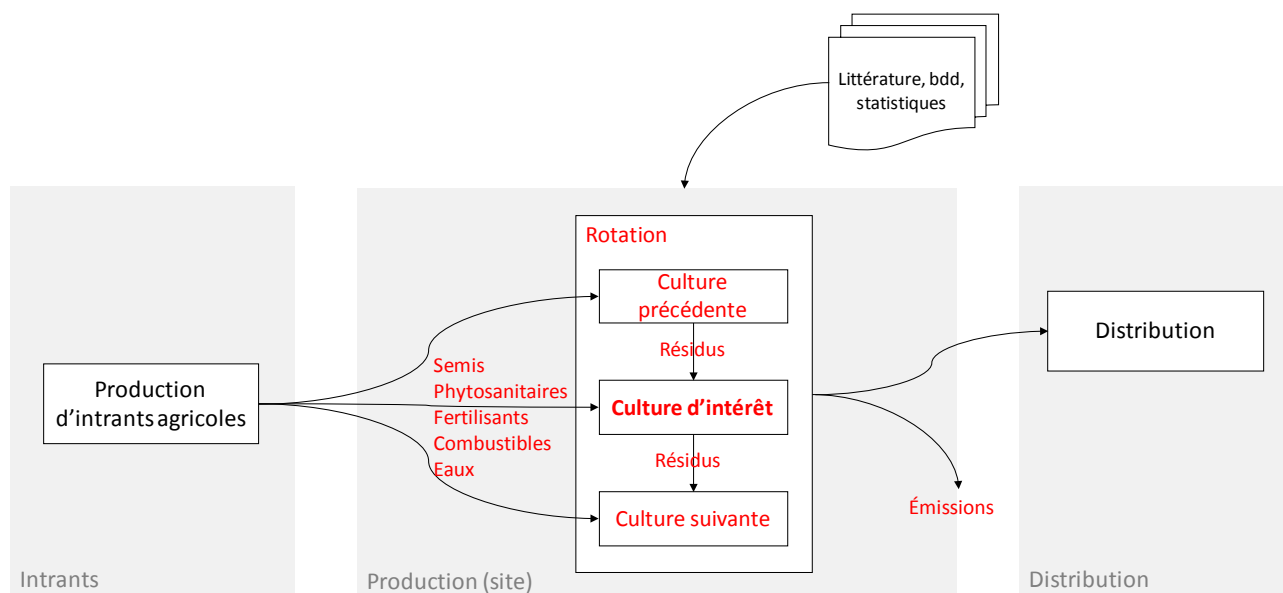


Figure 12. Limites du système pour l'ACV maraîcher (en rouge : éléments d'inventaires modélisés)

Tous les intrants agricoles et émissions pertinentes ont été pris en compte, mais les infrastructures et équipements agricoles ont été exclus, car leurs impacts dans une activité agricole non mécanisée sont négligeables.

Concernant l'échelle temporelle, les données obtenues représentent la production de l'année 2018, en saison non pluvieuse (par exemple hors période de drainage).

5.2.2 Unité fonctionnelle

Dans les systèmes agricoles, pour comparer des types de production différents (par exemple bio vs conventionnel), il est conseillé d'utiliser des unités fonctionnelles contrastées, qui expriment les impacts de la production en unités de masse et de surface (Meier et al. 2015; Salou et al. 2016). Par conséquent, nous avons retenu comme unités fonctionnelles 1 t de produit et 1 ha de production.

5.2.3 Allocation

Ils existent des cultures maraîchères associées au sud-Bénin, mais nous nous sommes focalisés sur les cultures individuelles. Par conséquent, aucune allocation d'impacts entre coproduits n'a été nécessaire, sauf l'allocation de fertilisants et ses impacts entre les cultures d'une rotation. Cette allocation est basée sur des critères biophysiques et a été effectuée en calculant les émissions azotées directes avec Indigo-N.

5.2.4 Méthodes d'impact environnemental

L'analyse d'impact était basée sur la méthode ILCD 2011 Midpoint+ v1.0.9, mai 2016 (EC-JRC 2012), largement alignée sur les récentes recommandations de la Commission européenne sur l'empreinte

environnementale des produits (Product Environmental Footprint – PEF, voir **Annexe 5**) (EC 2018). Elle comprend un score unique, mais aucune agrégation en aires de protection, de sorte que la pondération est fixée à 1 par catégorie d'impact. Elle inclut USEtox (Rosenbaum et al. 2008), le modèle de toxicité consensuel, pour calculer toutes les catégories d'impact de toxicité. Un ajustement a été apporté au modèle : le facteur de caractérisation pour le changement climatique du « CO₂ in air » a été modifié de -1 à 0, car nous avons considéré que le CO₂ dans l'air absorbé par les plantes et réémis à court terme, comme c'est le cas pour les cultures annuelles, ne représentait pas une séquestration de carbone. SimaPro v8.5.5.2 a été utilisé pour calculer les impacts.

5.2.5 Interprétation

Afin de trouver, si elles existent, des différences significatives par rapport aux impacts entre sites, cultures et surtout entre types de production, les résultats ont été traités statistiquement avec le logiciel R v3.5. Des comparaisons multiples par paire de Tukey ont été effectuées, par culture et par variété, par site, et par type.

5.3 Inventaire du cycle de vie

5.3.1 Systèmes et hypothèses

Les cultures d'intérêt étaient les carottes, les tomates, les légumes-feuilles, et les cucurbitacées. Les données obtenues représentent ce groupement (Tableau 8, Tableau 9). Les rotations sont très diverses, mais les plus courantes sont les successions légumes-feuilles → légumes-feuilles → légumes-feuilles ou légumes-feuilles → carotte/concombre/tomate → légumes-feuilles. Quelques retournements de jachères ont été également observés.

Tableau 8. Statistiques des données d'unités de production au sud-Bénin.

Type de production	Spéculation	Variété	Houéyiho	Ouidah	Sèmè-Kpodji	Tous les sites
Bio	Toutes	Toutes		11	12	23
	Carotte	Toutes			3	3
		All season			1	1
		Infinity			2	2
	Concombre	Toutes		3	3	6
		Dorade			1	1
		Nadini		3	2	5
	Laitue	Eden		2	2	4
	Tomate	Toutes		5	4	9
		Cerise		1	3	4
		Cobra		2		2
		Mongal		1	1	2
		Petomeche		1		1
	Pastèque	Kaolack	15	8	14	37
Conventionnel	Toutes	Toutes	5	2	4	11
	Carotte	Toutes	5	1	4	10
		All season		1		1
		Nativa	3		4	7
	Concombre	Toutes	3		3	6
		Nadini			1	1

		Saira	7	3	4	14
	Laitue	Eden	7	3	4	14
	Tomate	Toutes		1	2	3
		Cobra			1	1
		Mongal			1	1
		Padma		1		1
	Pastèque	Kaolack		2		2
Raisonné	Toutes	Toutes		9		9
	Carotte	All season		2		2
	Tomate	Toutes		3		3
		Bento-01		1		1
		Bento-05		2		2
	Pastèque	Kaolack		4		4
Tous les types	Toutes	Toutes	15	28	26	69

Tableau 9. Caractéristiques des variétés culturales dominantes au sud-Bénin.

Spéculation	Variété	Rendement (t/ha)	Cycle (jours)	Remarques
Tomate	F1 Mongal	35-45	130	Très productif, résistant, particulièrement recommandé pour la chaleur humide. Très haute tolérance au flétrissement bactérien (<i>Ralstonia solanacearum</i>)
	Cerise	60-80	60-70	Résistante moyenne à bonne au mildiou, productive et précoce, fruits bien sucrés n'ont pas tendance à l'éclatement
	F1 Cobra 26	50-60	130	Très bonne résistance après récolte. Tolérance/résistance au flétrissement bactérien
	F1 Padma 108	40-60	120	Résistance au virus de la mosaïque de la tomate et tolérance au flétrissement bactérien
	Bento-01	35-45	105	Très sensible aux champignons <i>Sclerotium</i> et au flétrissement bactérien
	Bento-05	32	105	Sensible au <i>fusarium</i> fongique et au flétrissement bactérien
	Petomeche	30-40	75	Résistance intermédiaire à la verticilliose et fusariose, excellente pour la conservation, adaptée à la saison sèche fraîche et chaude, vigueur moyenne et très productive
Laitue	Eden	66	45	Résistant à la chaleur, peu sensible à la montée ou à la production de graines
Carotte	F1 Infinity	20-25	120	Résistance moyenne à la brûlure fongique des feuilles (<i>Alternaria dauci</i>)
	All Season Crops	20-25	120	Résistance moyenne à la brûlure fongique des feuilles (<i>Alternaria dauci</i>)
	Nativa F1 Hybrid	40-50	85-120	Très précoce, forte résistance à <i>Meloidogyne javanica</i> (Mj), résistance intermédiaire à <i>Alternaria dauci</i> (Ad) et <i>Erysiphe heracle</i> (Eh)
Concombre	F1 Nandini	20-30	55	Tolérant au mildiou, à l'oïdium (<i>Oïdium</i>), au virus de la mosaïque du concombre et à la chaleur. Hybride bien adapté à la culture sous des climats tropicaux chauds et humides. Très bonne homogénéité à la récolte
	F1 Saira	20-30	55	Hybride adapté aux conditions chaudes et humides, et tolérant au mildiou à l'oïdium et à la chaleur
Pastèque	Kaolack	60	100	Résistant au chancre fongique (<i>Anthracoise</i>), aux coups de soleil. Goût excellent, très sucré

Source : INRAB (2016); Souley et al. (2017); TROPICASEM (2017)

5.3.2 Analyse de l'inventaire

Les émissions directes azotées, qui sont considérées comme les plus contributrices aux impacts en ACV agricole, diffèrent entre sites, cultures et types de production. Par exemple, les émissions (pertes) azotées des cultures conventionnelles à Sèmè-Kpodji semblent les plus élevées, sauf pour les nitrates, qui sont les plus élevées à Ouidah (Tableau 10). Les pertes de nitrates par lixiviation semblent proches de zéro dans la majorité des cas, ce qui est compatible avec des mesures en milieu tropical sec (LMI IESOL, site expérimental de Sangalkam, Dakar, Sénégal : données non publiées). En milieu tropical humide, étant donné que la texture des sols est sableuse et que les cultures étudiées ont lieu hors de la saison de drainage, les valeurs estimées semblent correctes.

Tableau 10. Moyenne des pertes azotées des cultures maraîchères au sud-Bénin (calculés avec Indigo-N v2.7 sur la rotation).

Spéculation	Forme	Houéyiho	Ouidah				Sèmè-Kpodji		
		Conven- tionnel	Tous les types	Bio	Conven- tionnel	Raisonné	Tous les types	Bio	Conven- tionnel
Carotte	NH3 (kg/ha)	21.41	41.43		72.82	10.03	90.65	77.56	100.47
	N2O (kg/ha)	3.64	7.09		12.00	2.17	14.71	13.11	15.91
	NOx (kg/ha)	0.77	1.49		2.52	0.46	3.09	2.75	3.34
	NO3 (kg/ha)	4.10	3.71		-	7.42	3.79	1.69	5.36
Concombre	NH3 (kg/ha)	35.18	59.65	59.65			38.84	41.91	36.54
	N2O (kg/ha)	5.73	9.47	9.47			6.60	7.43	5.98
	NOx (kg/ha)	1.20	1.99	1.99			1.39	1.56	1.26
	NO3 (kg/ha)	-	2.31	2.31			-	-	-
Laitue	NH3 (kg/ha)	23.74	56.73	53.67	58.77		49.50	38.15	55.18
	N2O (kg/ha)	3.97	9.24	8.27	9.89		8.05	6.55	8.81
	NOx (kg/ha)	0.83	1.94	1.74	2.08		1.69	1.38	1.85
	NO3 (kg/ha)	-	0.74	1.85	-		-	-	-
Tomate	NH3 (kg/ha)		31.20	48.69	33.84	1.18	59.99	42.45	95.06
	N2O (kg/ha)		5.20	8.06	5.36	0.37	10.84	8.75	15.00
	NOx (kg/ha)		1.09	1.69	1.13	0.08	2.28	1.84	3.15
	NO3 (kg/ha)		1.30	2.33	-	-	-	-	-
Pastèque	NH3 (kg/ha)		12.61	22.55	18.16	7.36			
	N2O (kg/ha)		2.06	3.47	2.98	1.24			
	NOx (kg/ha)		0.43	0.73	0.63	0.26			
	NO3 (kg/ha)		2.84	3.88	8.01	-			
Tous les produits	NH3 (kg/ha)	25.25	35.62	50.21	49.02	5.89	60.13	50.38	68.49
	N2O (kg/ha)	4.21	5.86	8.06	8.12	1.16	10.10	9.14	10.91
	NOx (kg/ha)	0.88	1.23	1.69	1.71	0.24	2.12	1.92	2.29
	NO3 (kg/ha)	1.37	2.04	2.38	2.00	1.65	1.02	0.42	1.53

Sur la base des inventaires d'intrants fertilisants et phytosanitaires (Tableau 11), il semble exister des différences d'intensité entre sites, cultures et types de production. Par exemple, l'intensité d'utilisation des fertilisants synthétiques en cultures conventionnelles est plus élevée pour Ouidah, et celle du fertilisant organique plus élevée pour Sèmè-Kpodji. L'intensité des phytosanitaires est plus haute pour les produits bio à Sèmè-Kpodji, et ce site présente l'intensité d'intrants la plus élevée pour l'ensemble de produits et types. L'effet éventuel de ces différences sur les impacts environnementaux est discuté en section 5.4.

Tableau 11. Moyenne d'intrants fertilisants et phytosanitaires aux cultures maraîchères au sud-Bénin.

Spéculation	Intrant	Houéyiho	Ouidah				Sèmè-Kpodji		
		Conven- tionnel	Tous les types	Bio	Conven- tionnel	Raisonné	Tous les types	Bio	Conven- tionnel
Carotte	Fertilisants synthétiques (kg/ha)	185	200		298	102	138	-	242
	Fertilisants organiques (t/ha)	2 952	9 181		12 738	5 623	18 674	20 283	17 467
	Phytosanitaires (g/ha)	5 016	696		1 392	-	3 305	1 667	4 533
Concombre	Fertilisants synthétiques (kg/ha)	218	-	-			84	-	147
	Fertilisants organiques (t/ha)	5 637	12 544	12 544			9 073	13 175	5 995
	Phytosanitaires (g/ha)	16 320	3 907	3 907			153 494	349 003	6 863
Laitue	Fertilisants synthétiques (kg/ha)	101	129	-	215		55	-	82
	Fertilisants organiques (t/ha)	3 685	10 043	10 022	10 058		10 150	10 801	9 825
	Phytosanitaires (g/ha)	6 539	5 594	2 083	7 935		88 840	255 817	5 352
Tomate	Fertilisants synthétiques (kg/ha)		29	-	79	61	60	-	179
	Fertilisants organiques (t/ha)		8 134	12 658	5 878	1 347	18 658	19 654	16 667
	Phytosanitaires (g/ha)		3 650	5 422	4 114	541	12 477	10 000	17 432
Pastèque	Fertilisants synthétiques (kg/ha)		64	-	125	48			
	Fertilisants organiques (t/ha)		2 384	4 211	2 847	1 695			
	Phytosanitaires (g/ha)		1 634	2 022	2 118	1 296			
Tous les produits	Fertilisants synthétiques (kg/ha)	152	77	-	196	64	86	-	160
	Fertilisants organiques (t/ha)	3 831	7 659	11 380	8 403	2 452	14 118	16 716	11 892
	Phytosanitaires (g/ha)	7 988	3 099	4 093	4 367	756	65 596	133 637	7 275

5.4 Évaluation de l'impact sur le cycle de vie

5.4.1 Évaluation de l'impact absolu et relatif

Les impacts environnementaux, exprimés comme *midpoints* (points intermédiaires) tels que kg CO₂-eq pour le changement climatique (Tableau 12) sont très variés entre sites et types de production. Ces impacts sont liés aux intensités d'intrants, notamment à la fertilisation. Ces valeurs sont dans le même ordre de grandeur que des valeurs de référence. Par exemple, Perrin (2013) a estimé 3.08 kg CO₂-eq par kg de tomate béninois conventionnel hors-saison (voir 5.4.3), et une valeur moyenne pour la tomate (conventionnelle et raisonnée) de 1.32 kg CO₂-eq par kg de tomate.

Nos résultats suggèrent des impacts sur le changement climatique constamment plus élevés, par kg de produit, pour les produits bio. La même tendance s'observe par ha de culture. A priori, nous avons spéculé que ces résultats sont dus aux rendements plus faibles et aux fortes quantités de fertilisants organiques utilisés en maraîchage bio. Les impacts si élevés de la tomate bio de Sèmè-Kpodji sont dus au fait que plusieurs unités de production ne sont pas commerciales, mais il s'agit de systèmes destinés à l'autoconsommation, à très faibles rendements. Les déterminants de ces impacts sont discutés dans la section 5.4.2.

Tableau 12. Impacts moyens du changement climatique (en kg CO₂-eq) des cultures maraîchères du sud-Bénin, par kg de produit et par ha cultivé.

Spéculation	Type	Houéyiho		Ouidah		Sèmè-Kpodji		Tous les sites	
		kg CO ₂ -eq/kg	kg CO ₂ -eq/ha	kg CO ₂ -eq/kg	kg CO ₂ -eq/ha	kg CO ₂ -eq/kg	kg CO ₂ -eq/ha	kg CO ₂ -eq/kg	kg CO ₂ -eq/ha
Carotte	Tous les types	0.11	4 668	0.38	7 481	0.39	11 041	0.30	8 159
	Bio					0.57	15 922	0.57	15 922
	Conventionnel	0.11	4 668	0.26	6 542	0.26	7 380	0.19	5 995
	Raisonné			0.51	8 419			0.51	8 419
Concombre	Tous les types	0.61	8 162	0.36	3 352	0.39	6 485	0.43	6 149
	Bio			0.36	3 352	0.57	8 582	0.46	5 967
	Conventionnel	0.61	8 162			0.26	4 913	0.41	6 305
Laitue	Tous les types	0.11	3 575	0.26	4 478	0.18	4 720	0.18	4 207
	Bio			0.16	2 194	0.33	8 305	0.25	5 250
	Conventionnel	0.11	3 575	0.32	6 000	0.11	2 928	0.16	3 910
Tomate	Tous les types			1.23	4 885	9.98	15 422	4.73	9 100
	Bio			0.96	5 600	14.56	20 384	7.00	12 170
	Conventionnel			1.03	4 750	0.82	5 499	0.89	5 249
	Raisonné			1.75	3 740			1.75	3 740
Pastèque	Tous les types			0.11	1 692			0.11	1 692
	Bio			0.14	1 838			0.14	1 838
	Conventionnel			0.08	1 842			0.08	1 842
	Raisonné			0.12	1 580			0.12	1 580
Tous les produits	Tous les types	0.21	4 856	0.56	4 221	2.56	9 367	1.24	6 298

En analysant les résultats par score unique (c.-à-d., toutes les catégories d'impact pondérées), les différences entre sites et types sont perceptibles (Figure 11), mais les produits bio et ceux produits à Sèmè-Kpodji ont des impacts systématiquement plus élevés (Figure 12).

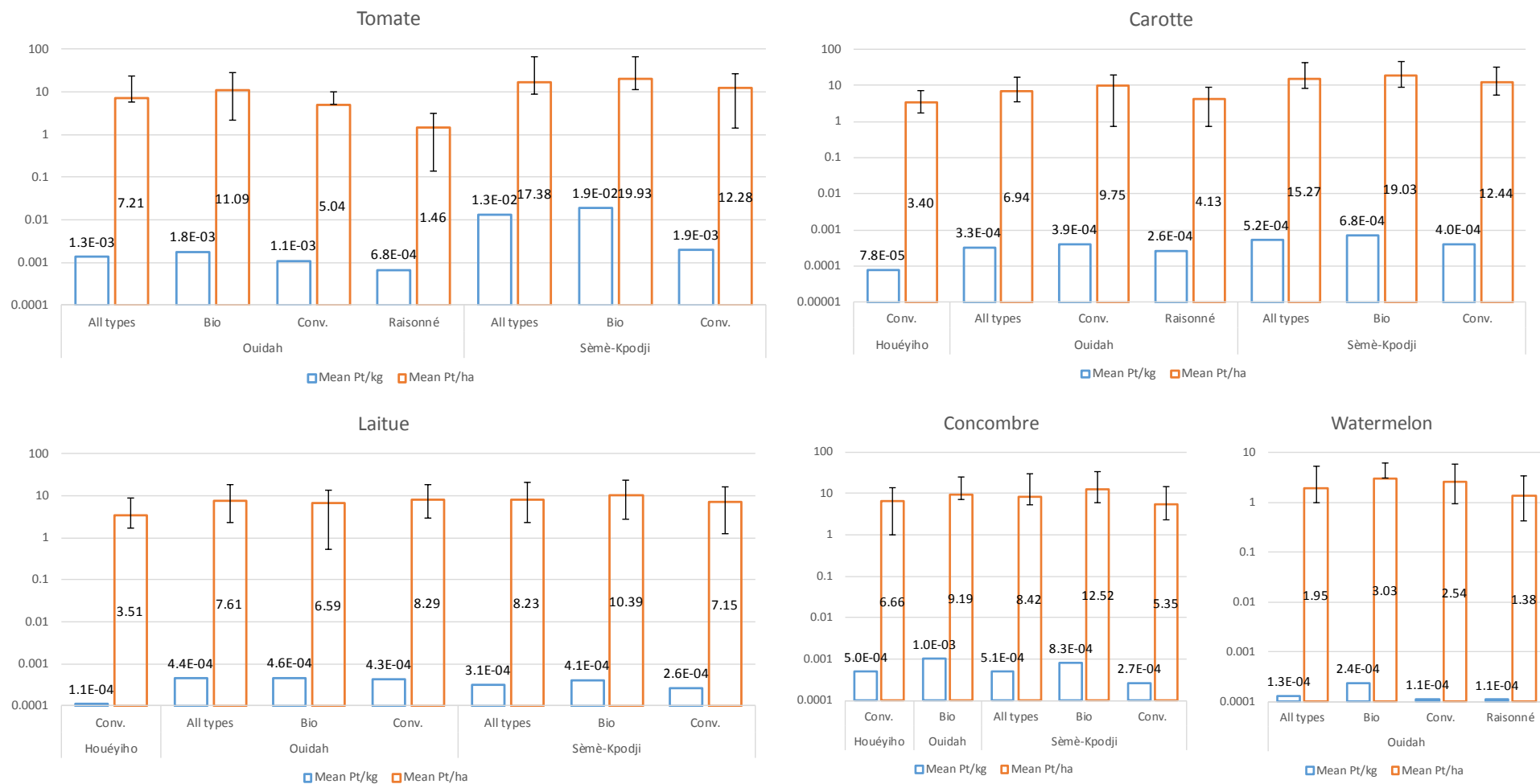


Figure 13. Différences entre impacts moyens des sites et types de production de quatre cultures maraîchères au sud-Bénin, par kg de produit et par ha de culture, en Pt (score unique ILCD). Les résultats sont par culture individuelle. Les barres d'erreur représentent la variation des valeurs qui contribuent à la moyenne.

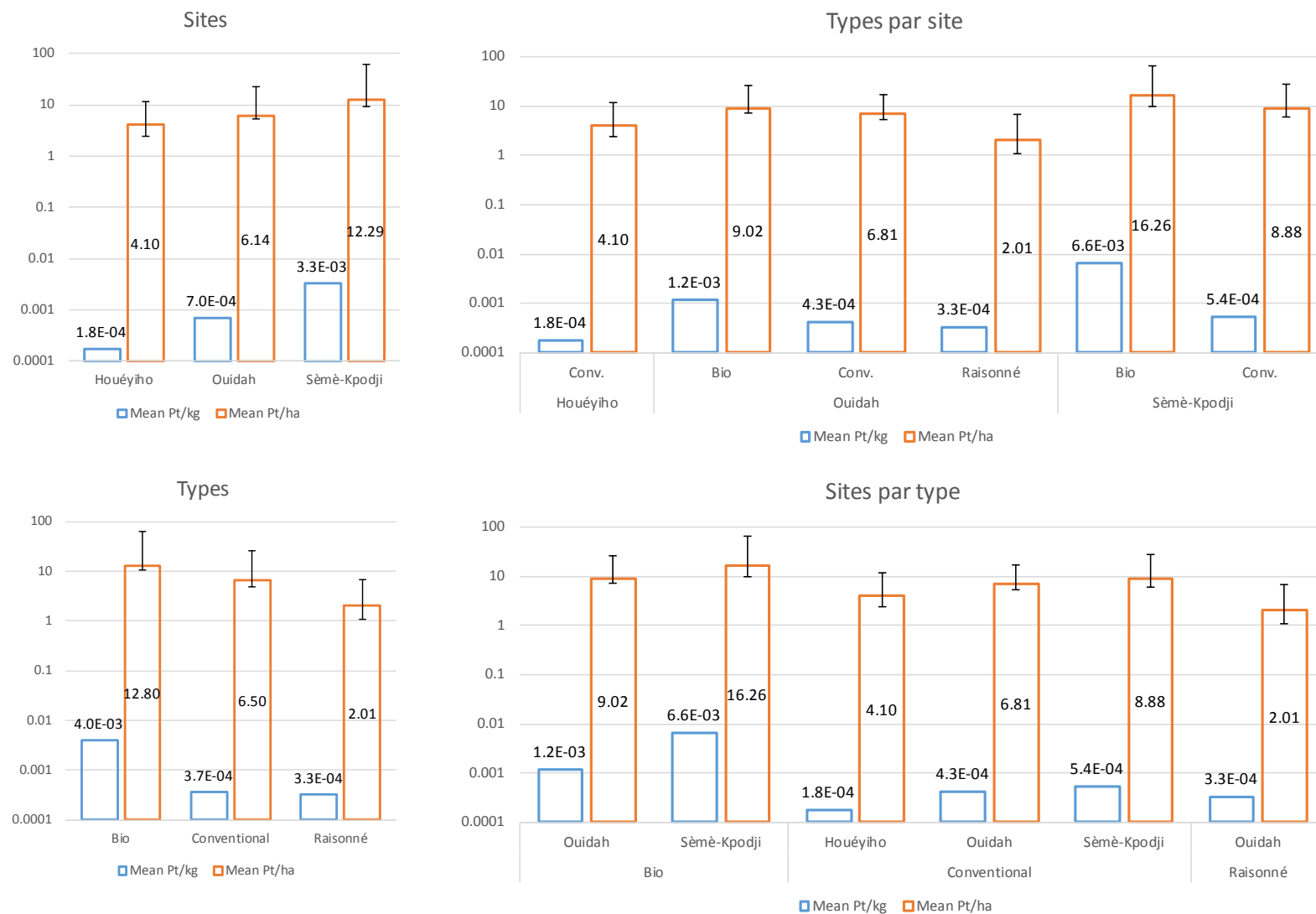
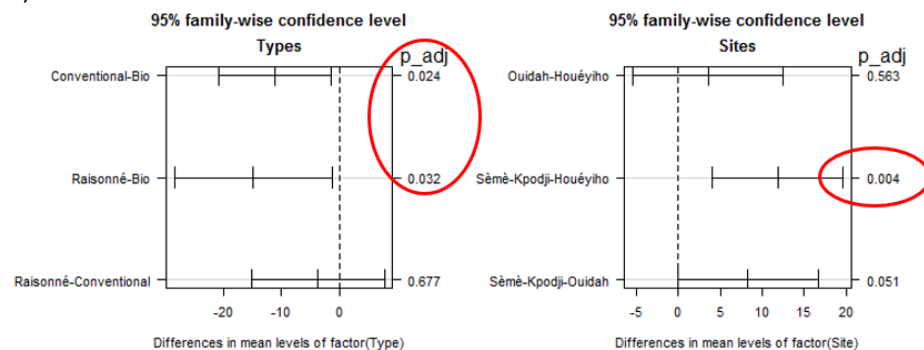


Figure 14. Différences entre impacts moyens des sites et types de production de quatre cultures maraîchères au sud-Bénin, par kg de produit et par ha de culture, en Pt (score unique ILCD). Toutes les cultures sont confondues. Les barres d'erreur représentent la variation des valeurs qui contribuent à la moyenne.

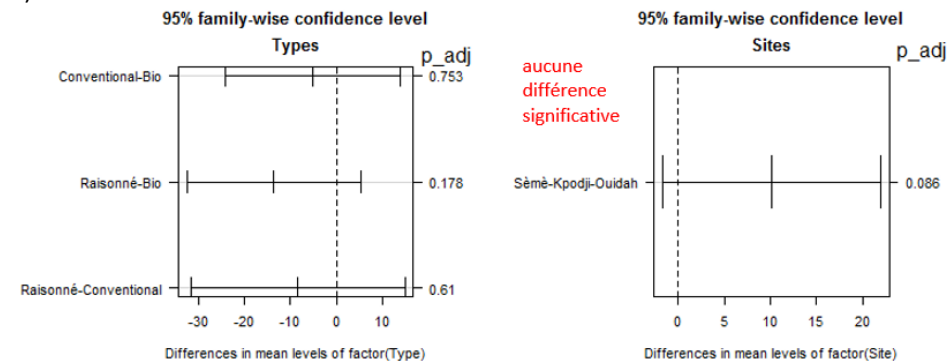
Le traitement statistique des résultats permet de raffiner les constatations antérieures, en tenant compte de la variabilité des unités de production (Figure 13) :

- Pour la carotte, il y a des différences significatives entre les impacts de bio vs conventionnel et raisonné, mais pas entre conventionnel et raisonné. Il y a ainsi des différences significatives entre les impacts agrégés des produits de Sèmè-Kpodji et Houéyiho. Une valeur aberrante (outlier) a été identifiée à Houéyiho : une unité de production de carottes sans apports de matière organique (fertilisation organique).
- Pour la tomate, il n'y a pas de différences significatives entre les impacts, soit par type, par site, et même par variété, malgré d'une valeur aberrante du bio à Sèmè-Kpodji avec de très forts intrants de matière organique, et trois unités de production de tomate bio à Sèmè-Kpodji à très bas rendements, destinés à l'autoconsommation.
- Pour le concombre, il n'y a pas de différences significatives entre les impacts, soit par type, par site, et même par variété, malgré une valeur aberrante d'un site en conventionnel à Sèmè-Kpodji aux faibles intrants de matière organique.
- Pour la laitue, il y a des différences significatives entre les impacts agrégés des produits de Houéyiho et les autres sites, mais pas entre les impacts du bio et du conventionnel.
- Pour la pastèque, il n'y a pas de différences significatives entre les impacts, par type (données disponibles pour un seul site).
- Pour l'ensemble des cultures, il y a des différences significatives entre les impacts de bio vs conventionnel et raisonné, mais pas entre conventionnel et raisonné. Il y a ainsi des différences significatives entre les impacts agrégés des produits de Sèmè-Kpodji et les autres sites, dus à plusieurs unités de production aux forts apports de matière organique.
- Pour chaque culture et pour l'ensemble, il n'a pas été trouvé de corrélation entre les rendements et les impacts, dont le facteur clé pour les impacts reste la surfertilisation.

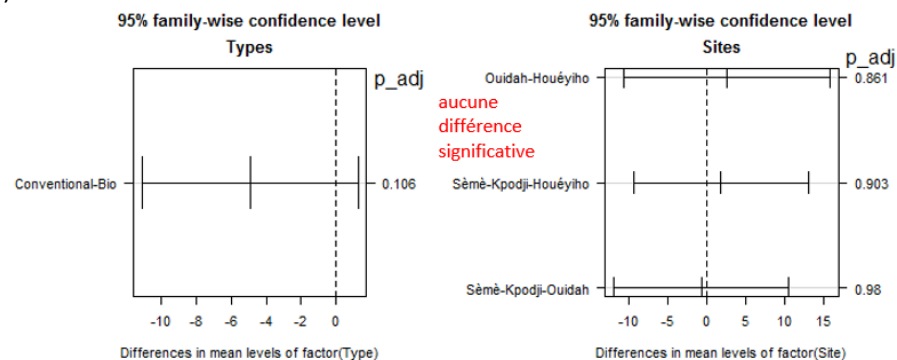
a) Carotte



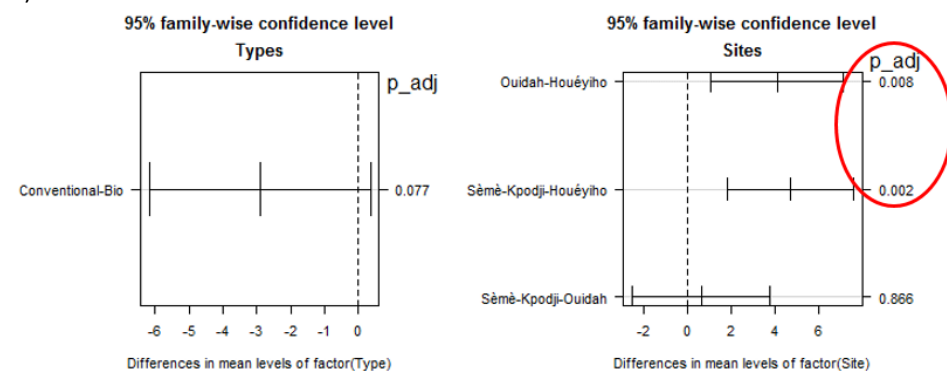
b) Tomate



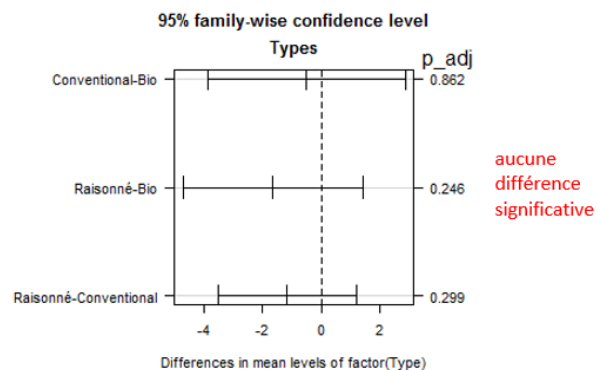
c) Concombre



d) Laitue



e) Pastèque



f) Toutes les cultures

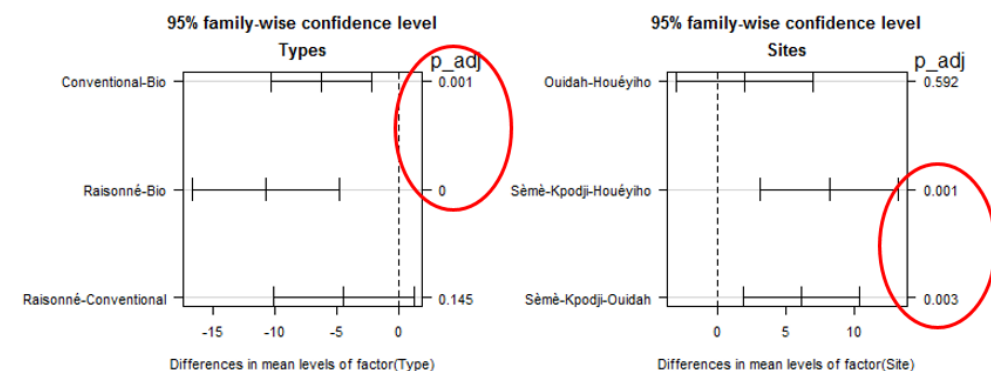


Figure 15. Comparaisons multiples par paires de Tukey des impacts agrégés par culture et pour l'ensemble de cultures, des différences entre sites et types

5.4.2 Analyses de contribution et sensibilité

La variabilité entre les impacts environnementaux des unités de production du même type est importante (voir barres d'erreur en Figure 12). Cette variabilité a des explications multiples, y compris le niveau technique de l'irrigation, les stratégies de fertilisation, stratégies agricoles associées aux rotations/séquences de cultures et l'utilisation de cultures associées à valeur phytosanitaire (ex : la citrouille), etc.

La propagation statistique des incertitudes n'a pas été possible, car nous n'avons pas obtenu des données d'incertitude suffisantes per unité de production. Néanmoins, des analyses de contribution par type de production ont été effectuées. Par exemple, pour la tomate, les impacts du conventionnel et du bio sont dominés par les émissions directes au champ (azotées et des ET), tandis que ceux du raisonné sont dominés par la consommation de combustibles (par exemple pour irrigation) (Figure 14).

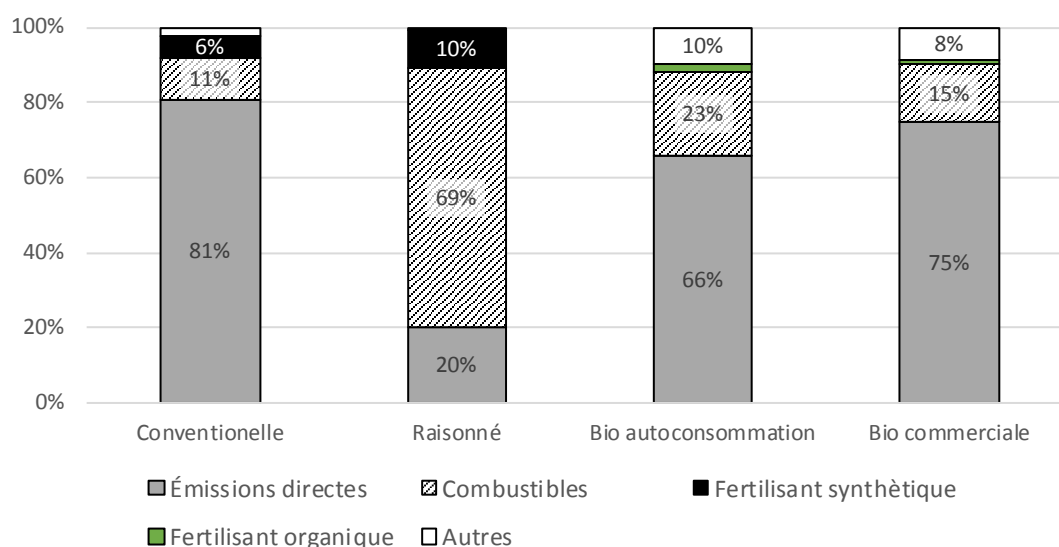


Figure 16. Analyse des contributions pour la tomate, basée sur le score unique ILCD par kg de produit, tous les sites confondus

De plus, la sensibilité des impacts aux intrants peut être illustrée par la comparaison entre la tomate raisonnée et conventionnelle, dont l'intensité en intrants est réduite pour la première, et montre des impacts inférieurs à ceux de la seconde. (Figure 15).

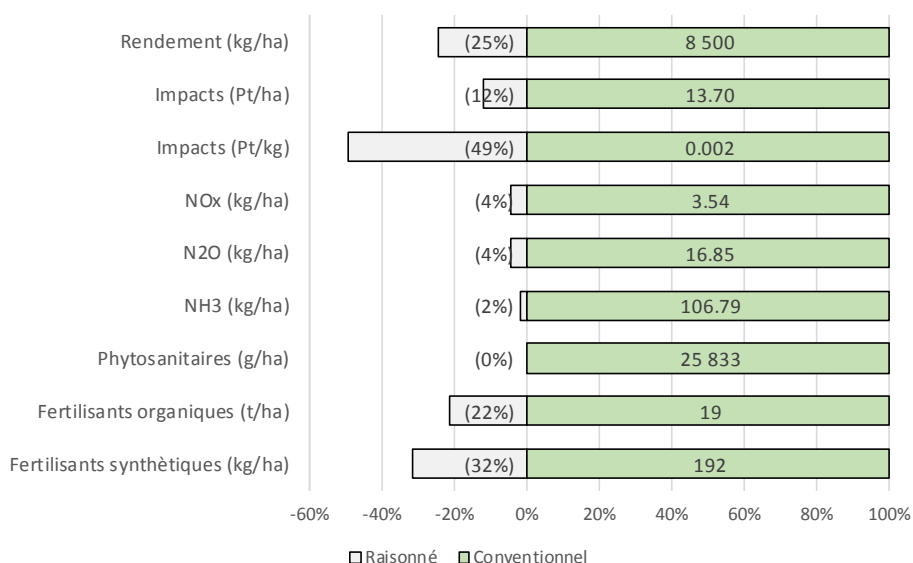


Figure 17. Comparaisons des intrants et impacts d'une tomate en raisonnée avec une conventionnelle

5.4.3 Comparaison avec d'autres études

Peu d'études se sont focalisées sur les productions maraîchères africaines. Une comparaison des résultats du changement climatique de cette étude (Tableau 12) avec des résultats globaux rapportés dans la littérature suggère que les impacts du maraîchage au sud-Bénin (moyenne de tous les produits et types compris entre 0.21 pour Houéyiho et 2.56 pour Sèmè-Kpodji, avec une moyenne de 1.24 kg CO₂-eq/kg produit) sont plus élevés que d'autres valeurs rapportées pour des cultures maraîchères (Tableau 13).

Tableau 13. Comparaison des impacts sur le changement climatique rapportés dans la littérature

Produit (à la porte de la ferme)	Pays	Changement climatique (kg CO ₂ -eq/kg produit)	Source
Brassicas (choux, etc.)	Global	0.57	Clune et al. (2017)
Carottes	Global	0.21	Clune et al. (2017)
Concombres	Global	0.72	Clune et al. (2017)
Haricots verts	Kenya	0.565	Basset-mens et al. (2019)
Laitue	Global	0.81	Clune et al. (2017)
Légumes (serre chauffée)	Europe, Afrique	2.03 – 2.12	Perrin (2013)
Légumes-feuilles	Global	0.80	Clune et al. (2017)
Pastèque	Australie	0.38	Clune et al. (2017)
Tomate	Europe, Afrique	0.89	Perrin (2013)
Tomate	Global	1.23	Clune et al. (2017)
Tomate (serre non chauffée)	Maroc	0.215	Payen et al. (2015)

5.5 Interprétation ACV

L'ACV de plusieurs unités de production permet d'extraire plusieurs conclusions sur la performance environnementale relative des systèmes maraîchers au sud Bénin :

- Les émissions directes azotées, qui sont considérées comme les plus contributrices aux impacts en ACV agricole, diffèrent entre sites, cultures et types de production.
- Les pertes de nitrates par lixiviation semblent proches de zéro dans la majorité des cas.
- Il semble exister des différences d'intensité entre sites, cultures et types de production. Par exemple, l'intensité d'utilisation des fertilisants synthétiques en cultures conventionnelles est plus élevée pour Ouidah, et celle du fertilisant organique plus élevée pour Sèmè-Kpodji.
- Les impacts environnementaux sont très variés entre sites et types de production. Ces impacts sont liés aux intensités d'intrants, notamment à la fertilisation.
- Les différences entre sites et types sont perceptibles, mais les produits bio et ceux produits à Sèmè-Kpodji ont des impacts systématiquement plus élevés.
- Pour les différentes cultures, il y a des différences significatives entre les impacts par type ou par site, mais pas par les deux simultanément (sauf pour la carotte).
- Pour l'ensemble des cultures, il y a des différences significatives entre les impacts de bio vs conventionnel et raisonné, mais pas entre conventionnel et raisonné. Il y a ainsi des différences significatives entre les impacts agrégés des produits de Sèmè-Kpodji et les autres sites.

5.6 Score du profil environnemental

Finalement, nous avons exprimé les impacts environnementaux moyens par site et par type par rapport au site et au type de rendement le plus élevé (Figure 16).

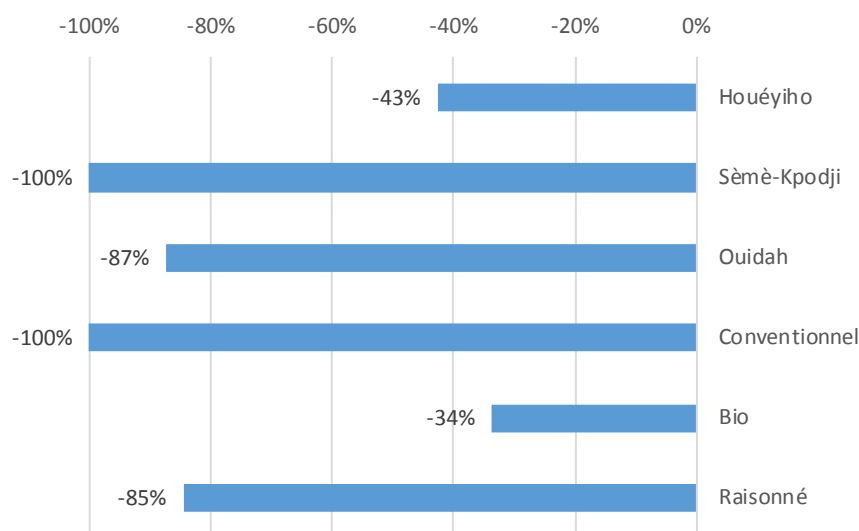


Figure 18. Performance environnementale relative des productions maraîchères du sud-Bénin (impacts environnementaux agrégés par ha), par site et type

6 Analyse économique (WP 2.4)

6.1 Indicateurs économiques

En 2007, les cultures maraîchères, telles que la tomate, le piment, le gombo et l'oignon ont contribué en moyenne à 48 milliards CFA à la formation du produit intérieur brut agricole, soit 15% (MAEP 2011). Comparées à d'autres spéculations (ananas, anacarde, riz, etc.), les cultures maraîchères contribuent de plus en plus à générer des richesses au Bénin. En 2014, la production agricole de manière globale a contribué pour 39.7% (549.7 milliards de FCFA) à la formation du PIB (UNEP 2015).

Pour l'analyse économique, nous avons retenu des indicateurs très simples pour décrire l'impact économique de la phase de production agricole des filières maraîchères. Nous n'avons pas accès aux données des phases de production d'intrants agricoles ou de distribution de produits finaux.

La **valeur ajoutée** représente la valeur monétaire ajoutée par unité fonctionnelle (Kruse et al. 2009). Elle peut être interprétée comme la différence entre le prix de vente d'un bien et le coût de tous les intrants achetés (Heijungs et al. 2013), en particulier les matières premières (par exemple les fertilisants, les phytosanitaires).

La **marge brute** représente la valeur monétaire retenue par unité fonctionnelle, définie dans le cadre de cette étude comme la différence entre le prix de vente et son coût de production (hors taxes, subventions, droits et frais de capital).

Les structures de coûts diffèrent entre sites et types, mais elles sont dominées par les coûts de main-d'œuvre, de la semence, des combustibles et des fertilisants organiques (notamment des fumiers) (Figure 17). Les amortissements des biens capitaux (par exemple pompes, arrosoirs, tuyaux majeurs, etc.) ont été pris en compte, avec l'hypothèse d'un amortissement des investissements en équipements sur cinq ans. De la même façon, 5% du coût total des outils a été assumé être dépensé par an en tant que réapprovisionnement. Les autres coûts comprennent des coûts de transport et quelques consommables (par exemple des huiles industrielles).

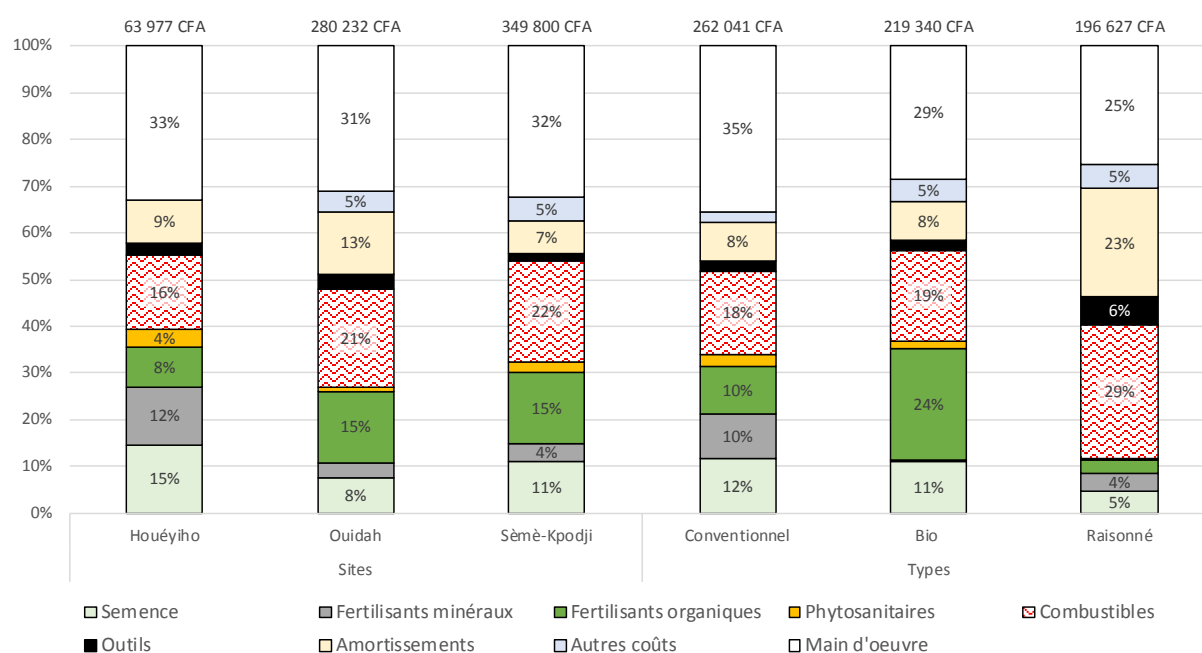


Figure 19. Analyse des contributions aux dépenses des exploitations maraîchères du sud-Bénin, par site et type

Ainsi, les prix de vente diffèrent entre produits, sites et types (Figure 18). La tomate obtient constamment des prix plus élevés, alors que les produits bio n'atteignent pas toujours des prix plus élevés que leurs homologues conventionnels.

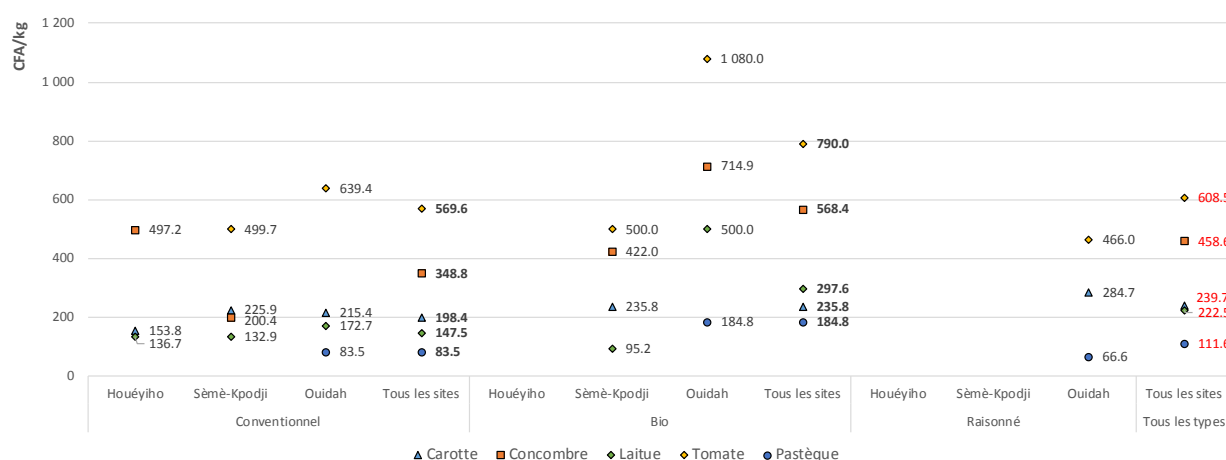


Figure 20. Analyse des prix de vente des produits maraîchers du sud-Bénin, par site et type

La combinaison de la structure des coûts et des prix de vente détermine la valeur ajoutée et la marge brute ; les produits de Sèmè-Kpodji produisent une valeur ajoutée plus haute, ainsi qu'une marge brute plus élevée pour les producteurs. Les marges brutes des producteurs bio et raisonnés sont toujours plus basses que celles des producteurs conventionnels (Tableau 14), malgré les coûts de production plus élevés de ces derniers, parce que les prix de vente sont au même niveau que ceux des produits bio et raisonné, et parce que ces rendements sont ainsi plus hauts (Figure 19). La moyenne de 11 045 kg/ha pour la tomate bio à Sèmè-Kpodji, est composée de valeurs extrêmes : trois unités de production pour autoconsommation, avec un rendement compris entre 833 et 2 500 kg/ha, et une unité de production commerciale avec un rendement exceptionnel de 40 000 kg/ha (variété à haut rendement Mongal, Tableau 9).

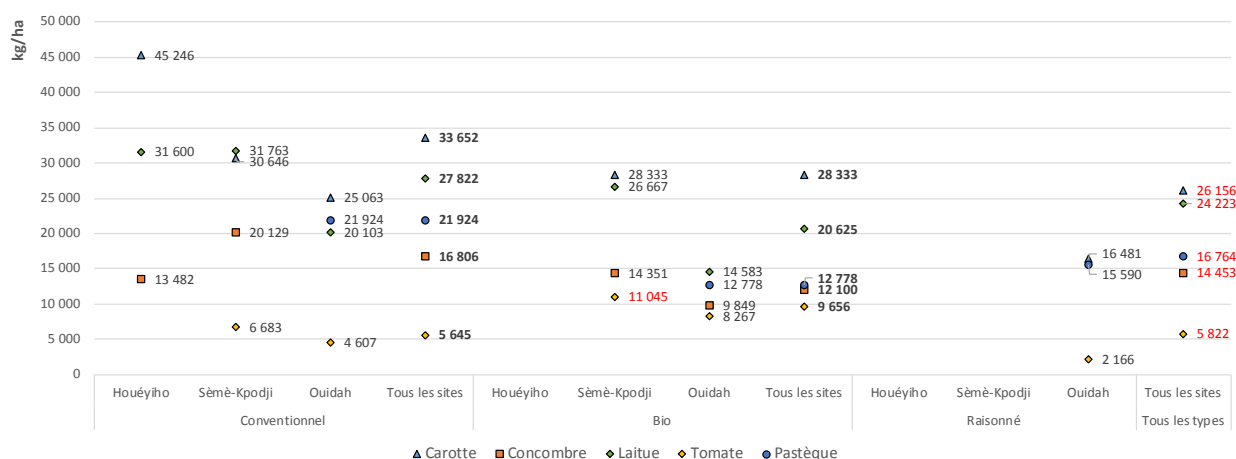


Figure 21. Analyse des rendements des unités de production maraîchères du sud-Bénin, par site et type

Les tendances de la marge brute entre sites s'altèrent quand elle est exprimée par ha de production (Tableau 14). Le rendement par ha moyen étant plus haut (Figure 19), la marge brute par ha du conventionnel est plus élevée pour l'ensemble des producteurs de Houéyiho. D'autre part, la marge brute par ha du bio est plus élevée pour l'ensemble des producteurs de Ouidah, en raison des prix de vente plus élevés (Figure 18).

Tableau 14. Indicateurs économiques des exploitations maraîchères du sud-Bénin, per site et type

		Conventionnel	Bio	Raisonné
Valeur ajoutée / saison (CFA)	Houéyiho	202 642		
	Sèmè-Kpodji	741 967	102 596	
	Ouidah	517 779	774 201	125 814
Marge brute / saison (CFA)	Houéyiho	173 836		
	Sèmè-Kpodji	548 967	59 953	
	Ouidah	301 863	682 801	60 648
Marge brute / ha * saison (CFA)	Houéyiho	993 307		
	Sèmè-Kpodji	607 000	205 299	
	Ouidah	299 042	514 355	85 165
Marge brute / mois (CFA)	Houéyiho	81 370		
	Sèmè-Kpodji	159 942	14 255	
	Ouidah	54 193	209 207	16 315

Moyennes de rendements, tous les types confondus. Houéyiho : 30 109 kg/ha, Sèmè-Kpodji : 21 202 kg/ha, Ouidah : 13 569 kg/ha.

Moyennes de prix de vente, tous les types confondus. Houéyiho : 263 CFA/kg, Sèmè-Kpodji : 289 CFA/kg, Ouidah : 390 CFA/kg.

6.2 Score du profil économique

Finalement, nous avons exprimé les rendements économiques moyens par site et par type par rapport au site et type au rendement le plus haut (Figure 20).

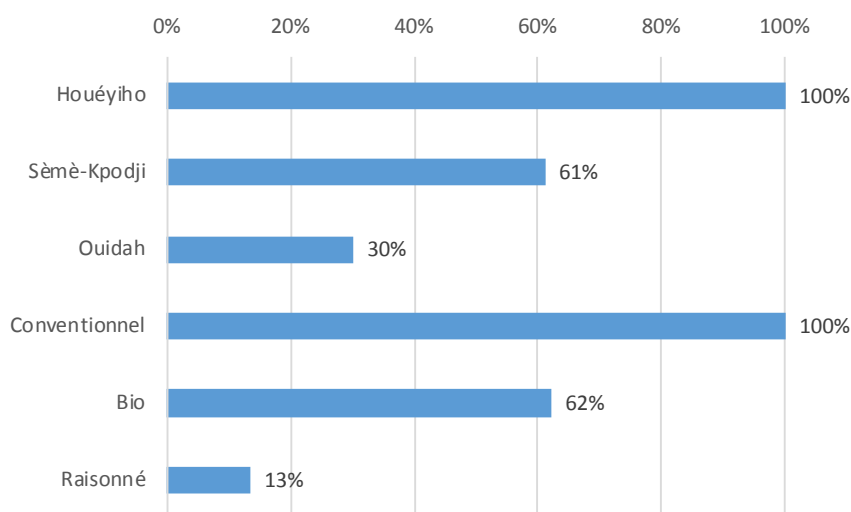


Figure 22. Performance économique relative des productions maraîchères du sud-Bénin (marge brute par ha), par site et type

7 d'analyse sociale (WP 2.5)

7.1 Indicateurs sociaux

Pour l'analyse sociale, nous nous sommes basés principalement sur la littérature, du fait de la complexité des enquêtes sociales nécessaires pour obtenir des données primaires.

Au Bénin, les femmes, les jeunes et généralement les couches défavorisées ont la possibilité d'avoir accès au foncier et au droit de propriété, ce qui favorise les projets et investissements pour la production agricole de manière générale et pour la production maraîchère afin contribuer à la sécurité alimentaire. À travers ce choix stratégique, les femmes et les jeunes entrepreneurs agricoles ont aussi la possibilité de disposer du droit d'exploitation des terres rurales, périurbaines ou urbaines sans avoir obligatoirement le droit de propriété (ZOLA 2017).

Sur la base des enquêtes de cette étude, nous avons retenu un indicateur simple pour décrire l'impact social de la phase de production agricole des filières maraîchères : l'emploi. Nous avons exprimé les emplois dans la partie agricole de la filière en termes d'emplois à temps plein, avec l'hypothèse que deux emplois à temps partiel, occasionnel et familial, représentent l'équivalent d'un emploi à temps plein (Tableau 15). L'emploi est très similaire entre les trois sites, mais les productions conventionnelle et bio fournissent plus d'emploi que la raisonnée, par ha de production, en raison des faibles intrants du raisonnée, ce qui réduit les demandes de main-d'œuvre.

Tableau 15. Indicateurs sociaux des exploitations maraîchères du sud-Bénin, per site et type

		Conventionnel	Bio	Raisonné
Emplois à temps partiel/ha	Houéyiho	4.1		
	Sèmè-Kpodji	4.5	11.0	
	Ouidah	6.2	1.3	2.0
Emplois à temps plein/ha	Houéyiho	3.4		
	Sèmè-Kpodji	2.5	2.5	
	Ouidah	2.2	0.5	0.5
Emplois totaux/ha	Houéyiho	4.1		
	Sèmè-Kpodji	4.5	11.0	
	Ouidah	6.2	1.3	2.0

7.2 Score du profil social

Finalement, nous avons exprimé les rendements sociaux moyens par site et par type par rapport au site et type au rendement le plus haut (Figure 21).

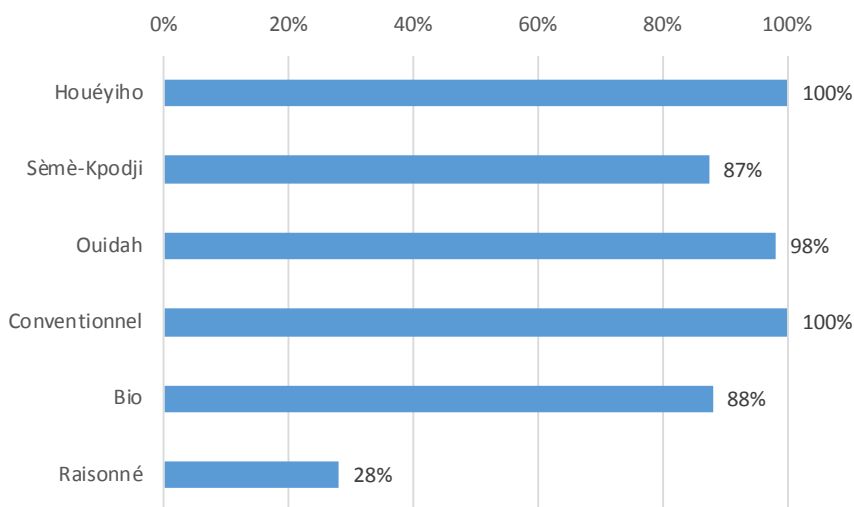


Figure 23. Performance sociale relative des productions maraîchères du sud-Bénin (emplois totaux par ha), par site et type

8 Analyse multicritère (WP 2.6)

Le contraste entre impacts environnementaux et marges brutes, par site (Figure 22) et par type (Figure 23), ne montre pas de tendances apparentes (c.-à-d., pas de corrélations). Quelques unités de production semblent ne pas être profitables (par exemple marge brute négative), mais à l'échelle de l'exploitation, presque toutes sont profitables. Seulement dans le cas d'une exploitation conventionnelle à Sèmè-Kpodji et d'une autre raisonnée à Ouidah, la performance économique semble négative. Dans le premier cas, en prélevant une unité de production de tomate destinée à l'autoconsommation, le résultat pour le reste de l'exploitation est positif. Dans le deuxième cas, le rendement de l'unité de production déficitaire est seulement 16% plus bas que ceux des autres unités de production de la même variété de tomate sous le même type de production, tandis que son prix de vente est 19% plus haut. La différence centrale entre cette unité de production et les autres unités directement comparables sont ses coûts de main-d'œuvre (les autres unités n'utilisent que de la main-d'œuvre familiale).

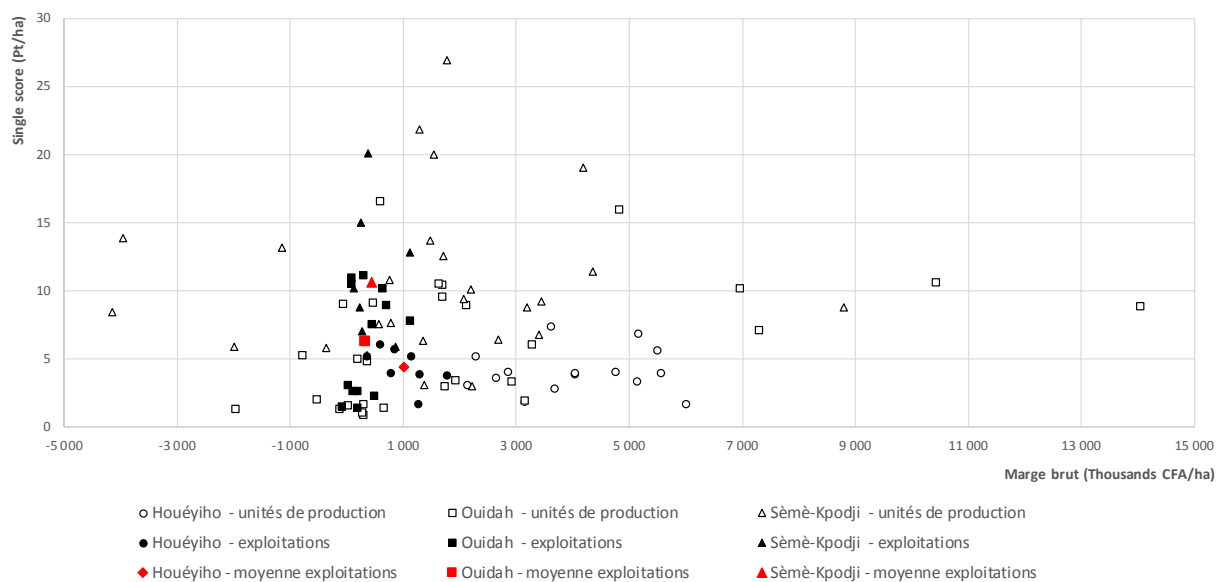


Figure 24. Impacts environnementaux par ha vs. marge brute par ha des unités de production maraîchères du sud-Bénin, par site

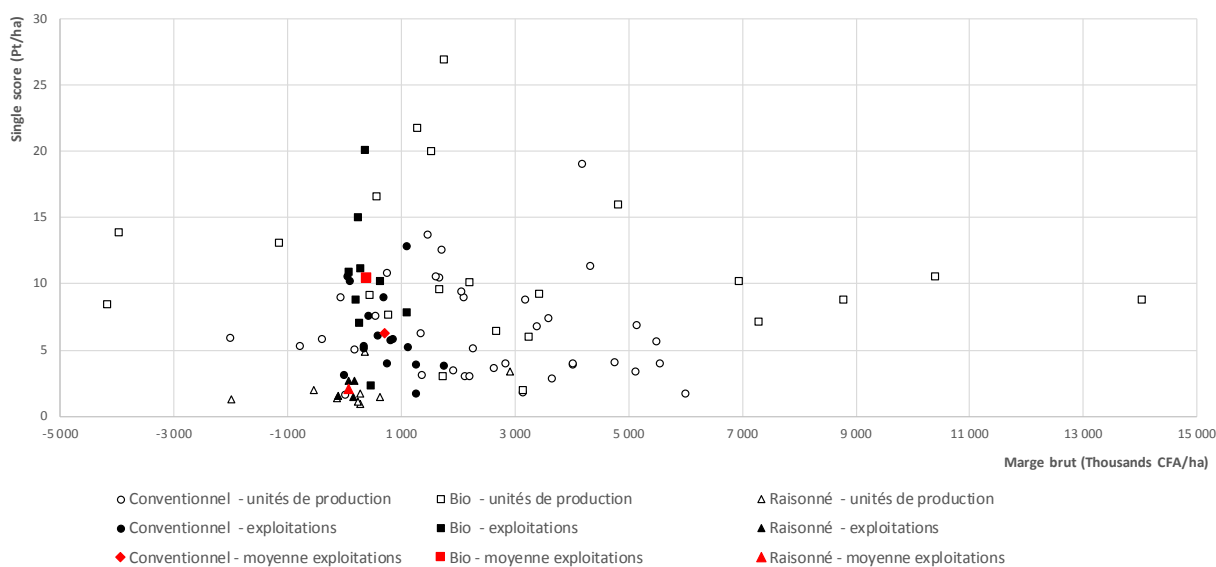


Figure 25. Impacts environnementaux par ha vs. marge brute par ha des unités de production maraîchères du sud-Bénin, par type

Les scores par pilier de la durabilité issus des analyses environnementales, économiques et sociales, agrégés sans pondération, montrent que la production à Houéyiho est la plus « durable », car les impacts positifs sont les plus hauts, et les impacts négatifs les plus bas (Figure 24). La même conclusion est applicable à la production conventionnelle.

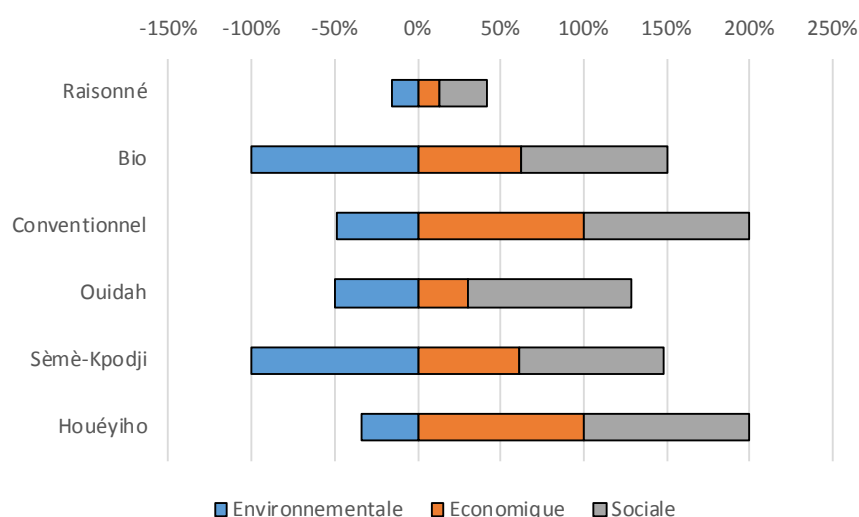


Figure 26. Scores agrégés relatifs aux productions maraîchères du sud-Bénin, par site et type

9 Conclusions et recommandations

9.1 Réponses aux questions initiales

D'après l'ensemble des analyses, nous sommes en mesure de répondre aux questions initiales du projet (Tableau 16).

Tableau 16. Réponses aux questions fondamentales du projet.

Questions	Réponses
Existe-t-il des différences significatives entre les performances environnementales et socio-économiques des différents types de systèmes de production maraîchère ?	Oui, elles existent. L'ensemble des analyses et le traitement statistique des résultats ont démontré que les trois types de production ont des performances différentes. Le raisonné présente des impacts environnementaux plus bas que le conventionnel (mais pas significativement différents). Les performances sociales et économiques du raisonné sont aussi plus basses. Les impacts environnementaux du bio sont significativement différents de ceux des autres types. Le conventionnel semble avoir la meilleure performance globale.
Existe-t-il des différences significatives entre les valeurs nutritionnelles des produits issus des différents types de systèmes de production maraîchère ?	Il ne semble pas exister des différences significatives entre les valeurs nutritionnelles des produits issus des différents types de systèmes de production maraîchère.
Est-ce que la filière maraîchère exerce une pression importante sur les ressources naturelles, telles que l'eau et la terre ?	En principe, il n'y a pas d'évidence d'une pression sur les ressources naturelles beaucoup plus élevée que dans des autres systèmes maraîchers africains. La contamination des eaux associée à l'utilisation de produits phytosanitaires (toxicité), et surtout à la surfertilisation (eutrophisation), seraient les impacts les plus remarquables.

9.2 Principaux enjeux/risques et recommandations pour le développement durable de la filière

Entre les principaux soucis associés à la filière se trouvent la surfertilisation et la contamination des eaux. Une pollution croissante en nitrates et phosphates des eaux de forage, au cours du temps, a été rapportée. La surfertilisation a des implications environnementales et économiques.

Une démarche de sensibilisation des producteurs a été conduite (**Annexe 6**), pour leur insister sur les effets négatifs de la surfertilisation et sur les recommandations (ex : bonnes pratiques agricoles, cultures associées à vocation phytosanitaire, etc.).

La filière maraîchère a besoin d'un ensemble de bonnes pratiques adaptées au contexte du sud Bénin, surtout pour **réduire les impacts environnementaux des systèmes bio et incrémenter les rendements des systèmes raisonnés**.

9.3 Questions pertinentes nécessitant une analyse plus approfondie

Entre les aspects à approfondir à travers la recherche future, se trouvent :

- Construction d'un ensemble de bonnes pratiques maraîchères, y compris des stratégies des cultures associées et rotations pour combattre les ravageurs (ex : nématodes, etc.), ainsi que des stratégies de fertilisation adaptées aux cultures et rotations.
- Analyses multicritères des productions hors-saison, dont les rendements seraient plus bas et l'intensité d'intrants plus élevée, *a priori*.
- Étude détaillée des facteurs limitants pour la production bio et raisonnée.

Références

- Adékambi SA, Adégbola PY, A. A (2010) Famers's perception and agricultural technology. The case of botanical extracts and biopesticides in vegetable production in Benin. In: Third African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 2010
- Adétonah S, Koffi-Tessio E, Coulibaly O, et al (2011) Préférences et consentement à payer des consommateurs pour les légumes sains en zone urbaine et péri-urbaine au Bénin et au Ghana. Bull la Rech Agron du Bénin 25–34
- Agbossou KE, Sanny MS, Zokpodo B, et al (2003) Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin. Bull la Rech Agron du Bénin
- Agnandji P, Cachon BF, Atindehou M, et al (2018) Analyse des pratiques phytosanitaires en maraîchage dans les zones intra- urbaines (Cotonou) et péri-urbaines (Sèmè-kpodji) au Sud-Bénin. Rev Africaine d'Environnement d'Agriculture 1:2–11
- Agueh V, Sossa Jérôme C, Gbessinon M, et al (2016) Facteurs associés à la consommation de fruits et légumes chez les personnes âgées de 18 ans et plus à Cotonou au Bénin en 2014. Cah du CBRST (Centre Béninois la Rech Sci Tech 43–59
- Ahouangninou C, Fayomi BE, Martin T (2011) Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). Cah Agric 20:216–222
- Ahouangninou C, Martin T, Assogba-komlan F, et al (2013) Using Aedes aegypti larvae to Assess Pesticide Contamination of Soil, Groundwater and Vegetables. Br Biotechnol J 3:143–157
- Ahouangninou C, Martin T, Assogba-Komlan F, et al (2015) Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au sud du Bénin. Cah du CBRST, Cotonou 2:98–126
- Ahouangninou CCA (2013) Durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin : un essai de l'approche écosystemique. Université d'Abomey-Calavi
- Akogbeto MC, Noukpo RDH (2005) Utilisation des insecticides agricoles au Bénin. Bull la Société Pathol Exot 98:400–405
- Akpovo TOSF (2006) Production maraîchère & microfinance : Étude des besoins de financement et Accès des maraîchers aux micro-crédits sur les sites de la ville de Cotonou et environ. FSA/UAC, Bénin
- Assogba-Komlan F, Anihouvi P, Achigan E, et al (2007) Pratiques culturales et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du Solanum macrocarpum au sud du Bénin. African J Food Agric Nutr Dev 7:

- Assogba-Miguel V (1999) Agriculture urbaine et péri-urbaine à Cotonou. *Bull la Rech Agron* 14–26
- Atidegla CS, Euloge K (2010) Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo : cas des nitrates et bactéries fécales. *Int J Biol Chem Sci* 4:327–337
- Atidegla SC, Agbossou EK, Huat J, Kakai RG (2011) Contamination métallique des légumes des périmètres maraîchers urbains et péri urbains : Cas de la commune de Grand – Popo au Bénin. *Int J Biol Chem Sci* 5:2351–2361
- Atidegla SC, Bonou W, Agbossou K (2017) Relations entre perceptions des producteurs et surfertilisation en maraichage urbain et péri urbain au Bénin. *Int J Biol Chem Sci* 11:2106–2118
- Azandeme-Hounmalon G-Y, Affognon H-D, Assogba-Komlan F, et al (2014) Comportement des maraîchers face à l'invasion de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard au Sud du Bénin. In: AFPP – Dixième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier, 22 et 23 octobre 2014
- Azontonde HA (1991) Propriétés physiques et hydrauliques des sols au Bénin. In: *Soil Water Balance in the SudanoSahelian Zone (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991)*. IAHS Publ. no. 199, 1991
- Basset-mens C, Edewa A, Gentil C (2019) An LCA of French Beans from Kenya for Decision-makers. *Indones Journa LCA Sustain* 1:1–11
- Bertrand C (2001) Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture Biologique. Groupe de recherche en agriculture biologique, Institut technique de l'Agriculture Biologique
- Birch ANE, Begg GS, Squire GR (2011) How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. *J Exp Bot* 62:3251–3261. doi: 10.1093/jxb/err064
- BMBF (2010) Atlas de la Bio-diversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I : Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main
- Bockstaller C, Girardin P (2010) Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo®. Colmar: INRA
- Boko M (1988) Climats et communautés rurales du Bénin : rythmes climatiques et rythmes de développement. Université de Bourgogne
- Bonti-Ankomah S, Yiridoe E. (2006) Aliments biologiques et conventionnels : examen de la documentation sur les facteurs économiques de la perception et des préférences des consommateurs. Rapport final. Collège d'agriculture de la Nouvelle-Ecosse
- Bourn D, Prescott J (2002) A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 42:1–34. doi: 10.1080/10408690290825439
- Brankatschk G, Finkbeiner M (2015) Modeling crop rotation in agricultural LCAs - Challenges and potential solutions. *Agric Syst* 138:66–76. doi: 10.1016/j.agsy.2015.05.008
- Clune S, Crossin E, Verghese K (2015) Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *J Clean Prod* 140:766–783. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.04.082
- CORAF (2010) Cultures maraîchères : des extraits végétaux à la place des insecticides de synthèse. *Lett d'Information pour la Rech le Développement Agric en Afrique l'Ouest du Cent* 56:1–16
- Coste J, Bard M, Soule B (2004) Analyse de la compétitivité des filières tomates et pommes de terre. In: *Revue Economie Régionale, Série Echanges régionaux*. LARES IRAM Paris. pp 52–71
- Coulibaly O, Cherry AJ, Nouhoheflin T, et al (2008) Vegetable Producer Perceptions and Willingness to Pay for Biopesticides. *J Veg Sci* 12:. doi: 10.1300/J484v12n03
- Darmon N, Darmon M, Maillot M, Drewnowski A (2005) A nutrient density standard for vegetables and fruits: Nutrients per calorie and nutrients per unit cost. *J Am Diet Assoc* 105:1881–1887. doi: 10.1016/j.jada.2005.09.005

- Déguénon E (2005) Problématique foncière et développement de l'agriculture urbaine à Cotonou et environs : L'expérience de l'Union Communale des Producteurs de Cotonou en matière de recherche de solution, leçons à tirer et propositions d'actions pour développer une agricul. Yaoundé, Cameroun
- Drewnowski A, Fulgoni V (2008) Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index. *Nutr Rev* 66:23–39. doi: 10.1111/j.1753-4887.2007.00003.x
- EC-JRC (2012) Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- EC (2018) Product Environmental Footprint Category Rules Guidance v6.3
- EC (2013) Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations
- FAO (2018) The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome: FAO, IFAD, UNICEF, WFP AMD WHO
- FAO et Commission de la CEDEAO (2018) Profil national genre des secteurs de l'agriculture et du développement rural, Rapport Bénin. Cotonou: FAO et Commission de la CEDEAO
- Heijungs R, Settanni E, Guinée J (2013) Toward a computational structure for life cycle sustainability analysis: Unifying LCA and LCC. *Int J Life Cycle Assess* 18:1722–1733. doi: 10.1007/s11367-012-0461-4
- Igue AM, Saidou A, Adjanohoun A, et al (2013) Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin. *Bull la Rech Agron du Bénin* 12–23
- INRAB (2016) Catalogue Béninois des espèces et variétés végétales - CaBEV. 2e Edition. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)
- INSAE (2018) Statistiques sur la production agricole au Bénin. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
- Koch P, Salou T (2016) AGRIBALYSE® : Rapport Méthodologique - Version 1.3. ART, INRA, ADEME
- Kruse S a., Flysjö A, Kasperczyk N, Scholz AJ (2009) Socioeconomic indicators as a complement to life cycle assessment - An application to salmon production systems. *Int J Life Cycle Assess* 14:8–18. doi: 10.1007/s11367-008-0040-x
- Liao W, Van Der Werf HMG, Salmon-Monviola J (2015) Improved Environmental Life Cycle Assessment of Crop Production at the Catchment Scale via a Process-Based Nitrogen Simulation Model. *Environ Sci Technol* 49:10790–10796. doi: 10.1021/acs.est.5b01347
- MAEP (2017) Stratégie nationale de promotion des filières agricoles intégrant l'outil clusters agricoles. Document final. Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
- MAEP (2011) Plan régional de développement de la filière cultures maraîchères. Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Centre Régional pour la Promotion Agricole de l'Atacora-Donga
- Maillot M, Darmon N, Darmon M, et al (2007) Nutrient-Dense Food Groups Have High Energy Costs: An Econometric Approach to Nutrient Profiling. *J Nutr* 137:1815–1820. doi: 10.1093/jn/137.7.1815
- Meier MS, Stoessel F, Jungbluth N, et al (2015) Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - Are the differences captured by life cycle assessment? *J Environ Manage* 149:193–208. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.10.006
- Mie A, Andersen HR, Gunnarsson S, et al (2017) Human health implications of organic food and organic agriculture: A comprehensive review. *Environ Heal A Glob Access Sci Source* 16:1–22. doi: 10.1186/s12940-017-0315-4
- Nemecek T, Frick C, Dubois D, Gaillard G (2001) Comparing farming systems at crop rotation level by LCA. In: Geerken T, Mattson B, Olsson P, Johansson E (eds) *Proceedings of the International Conference on LCA in Foods*, Gothenburg. SIK, VITO, Gothenburg, 65-69
- PADAP (2003) Programme d'Appui au Développement Agricole Périurbain au Sud-Bénin. Étude de faisabilité.

- PADMAR (2015) Projet d'appui au développement du maraîchage (PADMAR). Rapport de conception de projet - Version finale. Rapport principal et appendices. République du Bénin
- PANA (2015) Renforcement des capacités des maraîchers des Communes de Adjohoun, Bopa, Aplahoué, Ouaké, Malanville, Sô-Ava sur la protection phytosanitaire aux fins de l'adaptation aux changements climatiques. République du Bénin
- Payen S, Basset-mens C, Perret S (2015) LCA of local and imported tomato: an energy and water trade-off. *J Clean Prod* 87:139–148. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.10.007
- Perrin A (2013) Evaluation environnementale des systèmes agricoles urbains en Afrique de l'Ouest : Implications de la diversité des pratiques et de la variabilité des émissions d'azote dans l'Analyse du Cycle de Vie de la tomate au Bénin. Sciences agricoles. AgroParisTech, 2013. Français
- Perrin A, Basset-Mens C, Gabrielle B (2014) Life cycle assessment of vegetable products: A review focusing on cropping systems diversity and the estimation of field emissions. *Int J Life Cycle Assess* 19:1247–1263. doi: 10.1007/s11367-014-0724-3
- Perrin A, Basset-mens C, Huat J (2015) High environmental risk and low yield of urban tomato gardens in Benin. *Agron Sustain Dev* 35:305–315. doi: 10.1007/s13593-014-0241-6
- Popa ME, Mitelut AC, Popa EE, et al (2019) Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends Food Sci Technol* 84:15–18. doi: 10.1016/j.tifs.2018.01.003
- PSRSA (2011) Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA). République du Bénin
- Rosenbaum RK, Bachmann TM, Gold LS, et al (2008) USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *Int J Life Cycle Assess* 13:532–546. doi: 10.1007/s11367-008-0038-4
- Salou T, Le Mouël C, van der Werf HMG (2016) Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters! *J Clean Prod* 1–10. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.05.019
- Simeni GT, Adeoti R, Abiassi E, et al (2009) Caractérisation des systèmes de cultures maraîchères des zones urbaine et périurbaine dans la ville de Djougou au Nord-Ouest du Bénin. *Bull la Rech Agron du Bénin* 34–49
- Souley ML, Aimée T, Salissou O (2017) Fiche technico-économique pour la culture de laitue. Région de Zinder. Chambre Régionale d'Agriculture
- Sridhar S, Vijayalakshmi K (2002) *Neem: a User's Manual*. Centre for Indian Knowledge Systems
- TROPICASEM (2017) *Tropiculture* No. 247. Mens. Tech. 1–8
- UNEP (2015) Rapport national sur le développement humain 2015. Agriculture, sécurité alimentaire et développement humain au Bénin. United Nations Development Programme and Gouvernement de la République du Bénin
- WHO (2011) Nitrate and nitrite in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization
- Woese K, Lange D, Boess C, Bögl KW (1997) A comparison of organically and conventionally grown foods—results of a review of the relevant literature. *J Sci Food Agric* 74:281–293. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199707)74:3<281::AID-JSFA794>3.0.CO;2-Z
- Worthington V (2001) Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *J Altern Complement Med* 7:161–173. doi: 10.1089/107555301750164244
- Yehouenou EAP, Soton A, Azocli D, et al (2010) Contamination du sol, de l'eau et des produits maraîchers par des substances toxiques et des métaux lourds sur le site de Houéyiho (Cotonou) en République du Bénin. *Int J Biol Chem Sci* 4:2160–2168
- ZOLA X (2017) La réforme foncière pour soutenir les jeunes et les femmes et favoriser la sécurité alimentaire

Annexes

Annexe 1 : Mémoires de master et de fin d'études

Titre	Stagiaire (nom et prénom)	Encadrants (nom et prénom)	Formation dans laquelle s'inscrit le stage	Etablissement	Date de soutenance
Étude diagnostique du fonctionnement des exploitations maraîchères conventionnelles dans le périmètre de Houéyiho	OKE Adékounlé Adéchina	Prof. AMADJI Lucien Guillaume & Dr. HODOMIHOU Nounagnon Richard	Licence Professionnelle en Agronomie ; Option : Sciences et Techniques de Production Végétale (STPV)	École des Sciences et Techniques de la Production Végétale (ESTPV), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC, BENIN)	Période du 04 au 09/03/2019
Etude comparée du fonctionnement des exploitations maraîchères conventionnelles et biologiques dans le périmètre maraîcher de Sèmè-Kpodji	AGBANGB ATIN Olafèmi Josias Rodrigue	Prof. AMADJI Lucien Guillaume & Dr. HODOMIHOU Nounagnon Richard	Licence Professionnelle en Agronomie ; Option : Sciences et Techniques de Production Végétale (STPV)	École des Sciences et Techniques de la Production Végétale (ESTPV), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC, BENIN)	Période du 04 au 09/03/2019
Étude comparée du fonctionnement des exploitations maraîchères conventionnelles et raisonnées dans le périmètre maraîcher de Ouidah	SEGNINOU Sonagnon Judicaël	Prof. AMADJI Lucien Guillaume & Dr. HODOMIHOU Nounagnon Richard	Licence Professionnelle en Agronomie ; Option : Sciences et Techniques de Production Végétale (STPV)	École des Sciences et Techniques de la Production Végétale (ESTPV), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC, BENIN)	Période du 04 au 09/03/2019
Étude comparative des systèmes de productions maraîchères conventionnelles et biologiques/raisonnées au Sud-Bénin : cas des périmètres de Sèmè-Kpodji, Houéyiho et Ouidah	NOBIME David Marcellin S.	Prof. AMADJI Lucien Guillaume & Dr. HODOMIHOU Nounagnon Richard	Master Professionnel en Sciences Agronomiques ; Mention : Sciences et Techniques de Production Végétale ; Spécialité : Gestion Durable de la Fertilité des Sols Tropicaux	École des Sciences et Techniques de la Production Végétale (ESTPV), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC, BENIN)	Période du 18 au 23/03/2019
Qualité nutritionnelle comparée des légumes produits dans les systèmes de maraîchage conventionnel et biologique/raisonné au Sud-Bénin	GNONLON FIN Mohamed Olaniyi Sèna	Prof. Joseph Hounhouigan & Dr. MADODE Yann	Master Professionnel en Sciences Agronomiques ; Mention : Sciences et Technologies Agricoles et Alimentaires	École de Nutrition et des Sciences et Technologies Alimentaires (ENSTA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC, BENIN)	Période du 18 au 23/03/2019

Annexe 2 : Enquêtés et répondants

Unité de production	Surface exploitation	Spéculation	Variété	DM	Type	duration	Planches	Taille	Surface	Rendement	Semis	Eau	Fuel	N	P	K	Fientes	Compost	Fumier
	ha			%		mois		m2	ha	kg/planche	plantes/planche	m3/ planche	L/ planche	kg N/ planche	kg P2O5/ planche	kg K2O/ planche	kg/ planche	kg/ planche	kg/ planche
H1-C-Le	0.2	Laitue	Eden	5.03 ± 0.41	Conv.	1.2	24	6	0.01	19.01	120	1.68	0.49	0.037			1.88		
H1-C-Ca		Carotte	All season	11.35 ± 0.69	Conv.	2.5	45	6	0.03	21.46	438	1.8	0.72	0.082	0.028	0.028	2.00		
H1-C-Cu		Concombre	Nadini	2.06 ± 0.111	Conv.	1.5	12	6	0.01	7.32	14	1.08	1.25	0.097	0.075	0.075	3.75		
H2-C-Le	0.25	Laitue	Eden	3.50 ± 2.08	Conv.	1.0	50	6	0.03	18.45	120	0.72	0.20	0.055			2.00		
H2-C-Cu		Concombre	Nadini	1.50 ± 0.116	Conv.	1.4	12	6	0.01	8.19	14	2.16	1.25	0.058			3.75		
H3-C-Le	0.25	Laitue	Eden	3.14 ± 0.46	Conv.	1.4	120	6	0.07	19.98	120	1.44	0.31	0.023	0.007	0.007	1.13		
H3-C-Cu		Concombre	Nadini	2.06 ± 0.05	Conv.	1.5	17	6	0.01	8.75	14	2.16	1.88	0.025	0.032	0.032	2.65		
H4-C-Le	0.125	Laitue	Eden	3.55 ± 0.063	Conv.	1.2	40	6	0.02	19.70	120	1.68	0.64	0.042	0.009	0.009	2.25		
H4-C-Ca		Carotte	All season	8.15 ± 0.49	Conv.	2.6	55	6	0.03	37.72	438	1.8	0.68	0.064	0.039	0.039	2.45		
H5-C-Le	0.2	Laitue	Eden	2.46 ± 0.42	Conv.	1.3	21	6	0.01	18.70	125	1.776	0.88	0.074			2.14		
H5-C-Ca		Carotte	All season	10.59 ± 0.21	Conv.	2.6	71	6	0.04	21.77	438	3.6	0.53	0.086	0.010	0.010	1.90		
H6-C-Le	0.125	Laitue	Eden	1.77 ± 0.02	Conv.	1.2	12	6	0.01	17.90	120	1.05	0.73	0.077			2.08		
H6-C-Ca		Carotte	All season	11.85 ± 1.62	Conv.	2.5	20	6	0.01	29.00	450	1.65	0.94	0.042	0.009	0.009	2.50		
H7-C-Le	0.2	Laitue	Eden	3.66 ± 0.14	Conv.	1.2	50	6	0.03	20	120	0.84	0.33	0.054	0.016	0.016	4.00		
H8-C-Ca	0.125	Carotte	All season	9.91 ± 2.11	Conv.	2.3	44	6	0.03	25.79	438	1.8	0.67	0.061	0.025	0.025	-		
S1-B-To	0.25	Tomate	Mongal	4.25 ± 0.605	Bio	3.1	10	6	0.006	24.00	16	4.1796	4.50				2.80		5.60
S2-B-Ca	0.125	Carotte	Infinity	11.74 ± 0.885	Bio	3.1	34	6	0.020	18	390	1.9125	1.32				12.57	2.94	
S2-B-Cu		Concombre	Nadini	2.48 ± 0.086	Bio	1.6	24	4.8	0.012	8.61	22	1.125	0.94				3.76	5.21	
S2-B-To		Tomate	Cerise	7.19 ± 0.428	Bio	1.8	20	6	0.012	0.51	16	1.97	1.31					3	3
S3-B-Le	0.25	Laitue	Eden	5.45 ± 0.564	Bio	1.1	17	6	0.010	18.00	136	1.2	0.88				5.29		0.88
S3-B-Ca		Carotte	Infinity	11.81	Bio	2.9	10	6	0.006	17.00	192	2.81	4.50				4.50		
S3-B-Cu		Concombre	Nadini	1.86 ± 0.293	Bio	1.5	22	6	0.013	7.03	22	2.025	1.02				6.15		2.05
S3-B-To		Tomate	Cerise	5.95	Bio	2.5	10	6	0.006	1.50	32	2.481	3.75				9.00		
S4-B-Le	0.5	Laitue	Eden	4.78 ± 0.493	Bio	1.3	14	6	0.008	14.00	192	1.672	1.36				3.21	3.57	
S4-B-Ca		Carotte	All season	11.88 ± 0.329	Bio	3.3	60	6	0.036	16.00	325	1.744	1.50				9.00	7.50	
S4-B-Cu		Concombre	Dorade	1.66 ± 0.037	Bio	1.5	43	6	0.026	8.04	14	1.55	0.52				3.14	1.16	
S4-B-To		Tomate	Cerise	6.42 ± 0.55	Bio	3.1	20	6	0.012	0.50	16	2.1375	2.25				6.75	17.10	
S5-C-Le	0.5	Laitue	Eden	5.86 ± 0.673	Conv.	1.1	35	6	0.021	14.00	175	0.75	0.43	0.066			6.43		
S5-C-Ca		Carotte	All season	10.66 ± 0.32	Conv.	3.1	46	6	0.028	16.00	192	1.744	1.96	0.060	0.010	0.010	9.78		
S5-C-Cu		Concombre	Nadini	1.79 ± 0.045	Conv.	1.5	14	6	0.008	9.64	16	1.2654	1.61	0.027	0.011	0.011	3.21		
S6-C-Le	0.5	Laitue	Eden	2.64 ± 0.29	Conv.	1.4	50	6	0.030	26.23	130	1.76	0.40	0.018	0.009	0.009	4.50		
S6-C-Ca		Carotte	All season	10.77 ± 0.63	Conv.	3.0	102	6	0.061	14.05	360	2.9655	1.32	0.079	0.012	0.012	4.41		
S6-C-Cu		Concombre	Saïra	1.96 ± 0.093	Conv.	1.4	36	6	0.022	13.70	18	1.84	0.63	0.093	0.017	0.017	1.25		
S7-C-Le	1	Laitue	Eden	3.12 ± 0.06	Conv.	0.9	46	6	0.028	23	165	0.99	0.33	0.039	0.012	0.012	4.89		
S7-C-Ca		Carotte	All season	10 ± 1.08	Conv.	2.8	320	6	0.192	20.5	390	3.645	0.84	0.069	0.042	0.042	18.00		
S7-C-Cu		Concombre	Nadini	3.69 ± 0.142	Conv.	1.6	146	6	0.088	11.37	0.24 g	2.295	0.31	0.059	0.019	0.019	1.85		
S7-C-To		Tomate	Mongal	4.23 ± 0.50	Conv.	2.5	144	6	0.086	2.92	20	3.02475	0.521	0.063	0.019	0.019	8.75		
S8-C-Le	1	Laitue	Eden	3.54 ± 0.102	Conv.	1.1	58	6	0.035	13	192	1.21	0.517	0.03			7.76		
S8-C-Ca		Carotte	All season	9.22 ± 1.004	Conv.	3.0	185	6	0.111	23	192	2.3265	0.486	0.123	0.061	0.061	9.73		
S8-C-Cu		Concombre	Nadini	5.99 ± 0.739	Conv.	1.6	78	6	0.047	13.6	24	1.593	0.577	0.049	0.012	0.012	8.08		
S8-C-To		Tomate	Cobra	5.26 ± 0.371	Conv.	3.6	200	6	0.120	5.1	20	4.9	1.05	0.076	0.019	0.019	11.25		

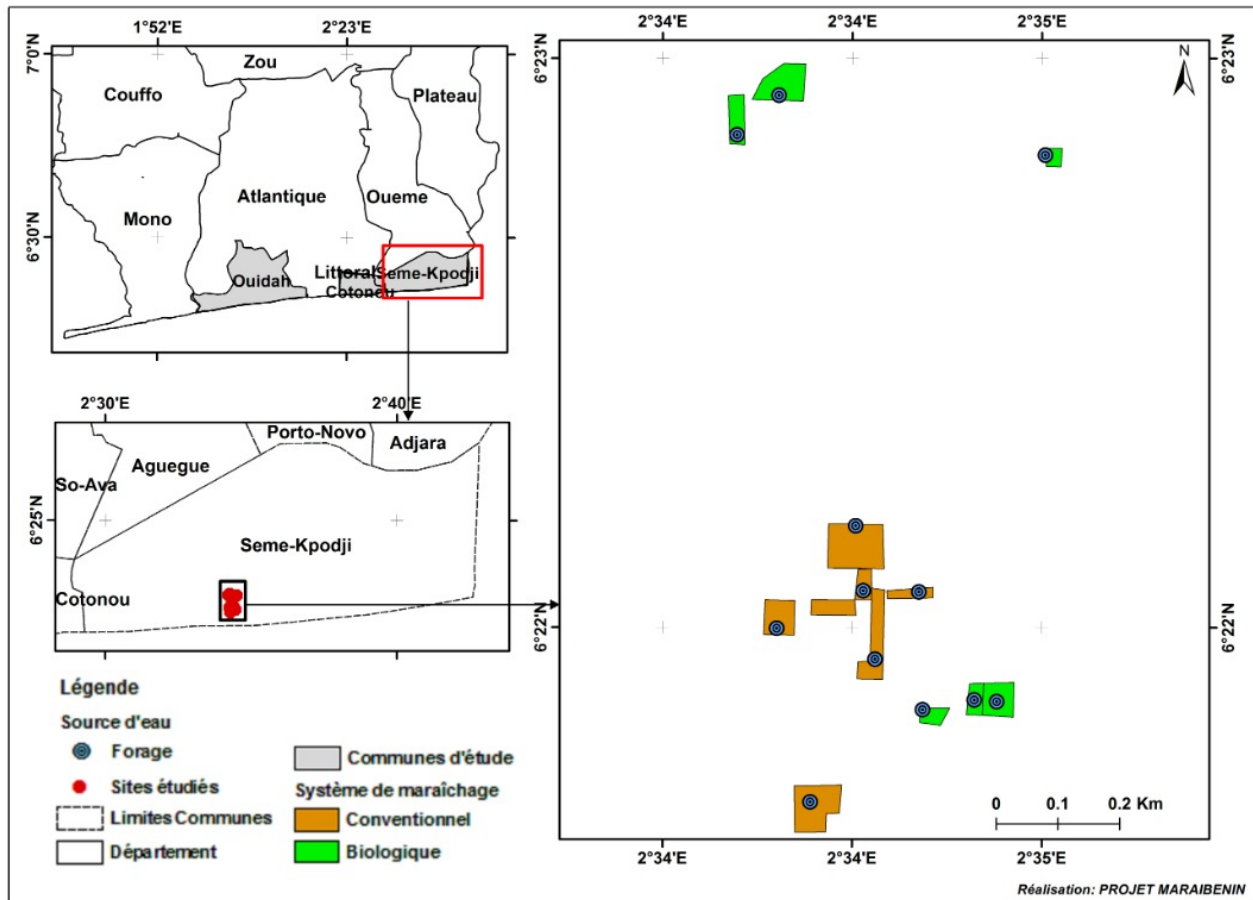
O1-C-Wa	2.5	Pastèque	Kaolack	5.4 ± 0.5	Conv.	1.9	87	62	0.537138	177.48	20 g	7.95	2.8	0.510	0.310	0.310	24.00		
O1-C-Le		Laitue	Eden	4.55 ± 0.30	Conv.	1.4	11	28	0.0308	67.275	585	8.4	1.82	0.273	0.036	0.036	19.00		
O1-C-Ca		Carotte	Nativa	11.89 ± 0.444	Conv.	3.1	19	27	0.050616	62.75	5.26 g	13.99	4.74	0.296	0.296	0.296	36.84		
O2-C-Wa	1.5	Pastèque	Kaolack	6.43 ± 0.263	Conv.	1.9	30	92	0.276675	139.269	13 g	10.641	2.85	0.301	0.150	0.150	16.66		
O2-C-To		Tomate	Padma	2.54 ± 0.35	Conv.	2.6	8	32	0.02552	14.695	2.5 g	17.26	4.6875	0.150	0.045	0.045	18.75		
O3-C-Le	0.06	Laitue	Eden	4.49 ± 0.38	Conv.	1.2	2	12	0.0024	21.025	140	3.9	3.75	0.300	0.090	0.090	12.50		
O4-C-Le	0.15	Laitue	Eden	6.36 ± 0.286	Conv.	1.1	6	19	0.011565	36.16	350	4.338	1.25	0.177	0.030	0.030	25.00		
O4-C-Ca		Carotte	All season	12.42 ± 1.13	Conv.	2.6	18	27	0.0494505	73	100 g	13.91	4.17	0.450	0.135	0.135	32.00		
O5-R-Wa	0.5	Pastèque	Kaolack	6.3 ± 0.1	Raisonné	1.7	14	102	0.142618	99.93	16 g	5.6	5.7	0.125	0.161	0.161	14.30		
O5-R-To		Tomate	Bento-01	5.48 ± 0.202	Raisonné	3.3	12	31	0.03696	7.577	112	6.39	3.75	0.105	0.135	0.135	-		
O6-R-Wa	1	Pastèque	Kaolack	4.56 ± 0.144	Raisonné	1.9	8	110	0.08792	112.78	14 g	11.5	5.25	0.280	0.213	0.213	25.00		
O6-R-To		Tomate	Bento-05	9.44 ± 0.789	Raisonné	3.5	6	45	0.02688	8.64	130	16.2	7.5	-			-		
O7-R-Wa	2.5	Pastèque	Kaolack	4.97 ± 0.25	Raisonné	1.8	72	63	0.4536	120	12 g	9.126	1.5	0.090	0.060	0.060	6.50		
O7-R-Ca		Carotte	All season	14.23 ± 1.47	Raisonné	3.1	7	38	0.026838	43.31		23.3	6.43	0.297	0.129	0.129	9.48		
O8-R-Wa	0.25	Pastèque	Kaolack	5.84 ± 0.159	Raisonné	2.1	13	74	0.09672	172.91	12 g	6.48	4.6	0.160	0.110	0.110			15.4
O8-R-Ca		Carotte	All season	14.42 ± 0.634	Raisonné	3.2	19	12	0.0228	26	5.26 g	5.04	4.74	0.024	0.024	0.024			10.53
O8-R-To		Tomate	Bento-05	3.25 ± 0.37	Raisonné	2.1	10	50	0.0495	10.446	210	15.12	4.5	0.08	0.11	0.11			20

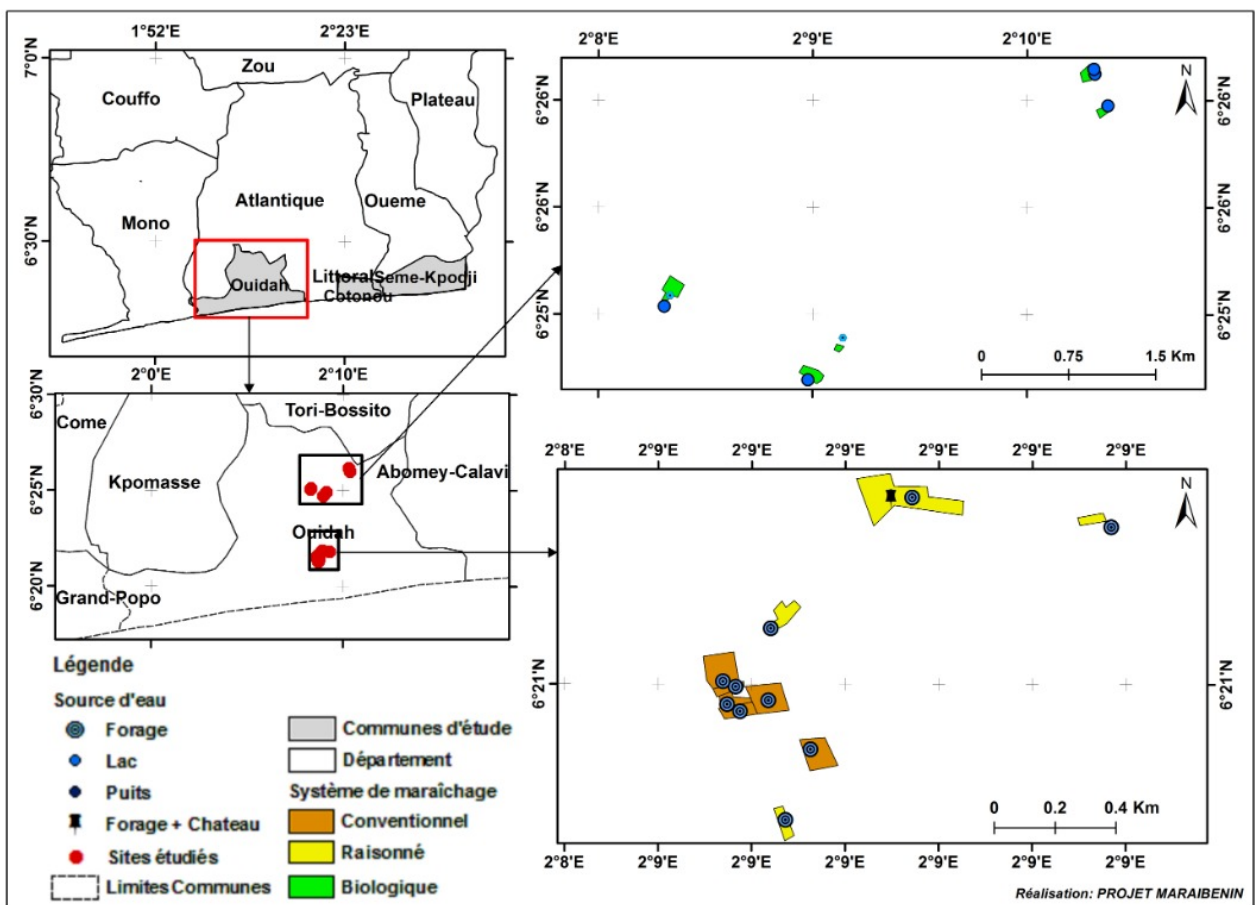
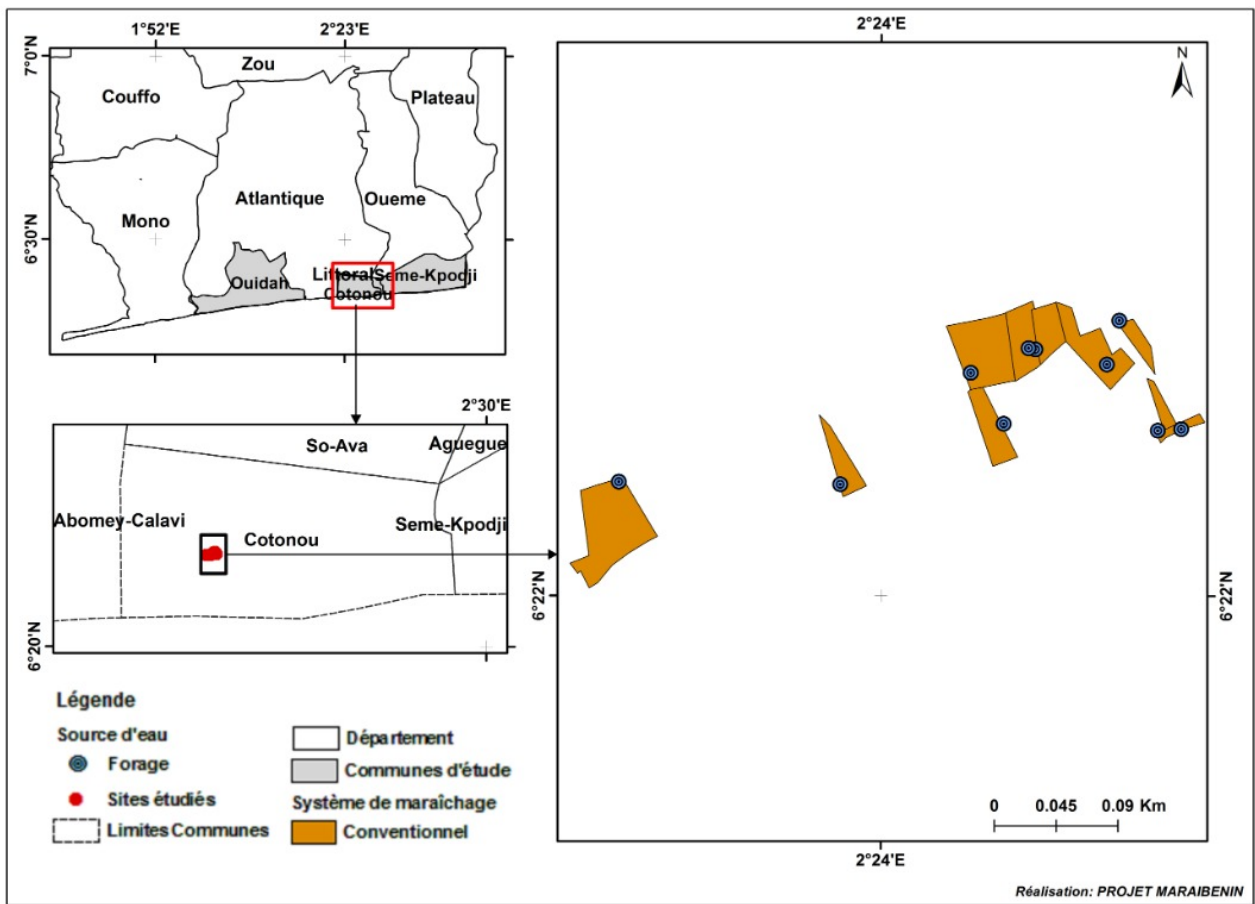
Annexe 3 : Résultats des analyses de laboratoire (deux exemples)

Teneurs exprimées en mg/100g de matière sèche.

Périmètre	Système de culture	Répétition	Laitue				Carotte			
			Ca	Fe	Mn	Zn	Ca	Fe	Mn	Zn
Sèmè-Kpodji	Biologique	Répétition1	160.50	27.39	7.26	7.52	28.56	2.43	1.97	3.21
		Répétition2	157.31	25.83	7.43	7.45	28.68	2.36	2.01	3.21
		Répétition3	158.89	27.30	7.15	7.52	28.86	2.39	2.17	3.20
	Biologique	Répétition1	465.87	24.47	2.34	5.33	21.26	2.35	5.94	9.12
		Répétition2	462.06	24.66	2.29	5.37	21.32	2.34	6.07	9.43
		Répétition3	465.85	24.75	2.30	5.46	23.53	2.35	5.91	9.12
	Conventionnel	Répétition1	700.24	20.17	4.03	5.91	26.73	3.32	1.88	4.56
		Répétition2	701.39	20.30	3.97	5.88	26.61	3.31	1.89	4.64
		Répétition3	714.30	20.28	3.88	5.88	26.32	3.28	1.94	4.58
	Conventionnel	Répétition1	89.70	17.33	2.83	7.37	31.52	4.20	1.91	7.41
		Répétition2	91.86	17.32	2.85	7.30	32.11	4.17	1.70	7.21
		Répétition3	92.35	17.34	2.87	7.36	32.07	4.31	1.70	7.00
Houéyiho	Conventionnel	Répétition1	148.97	11.30	1.43	6.29	24.37	2.39	0.40	4.08
		Répétition2	152.65	11.30	1.43	6.27	24.06	2.47	0.37	4.08
		Répétition3	155.38	11.50	1.52	6.20	24.19	2.51	0.35	4.06
	Conventionnel	Répétition1	133.78	22.01	2.42	8.56	51.63	4.57	1.45	6.23
		Répétition2	133.55	21.91	2.56	8.66	51.60	4.68	1.41	6.14
		Répétition3	133.99	22.01	2.60	8.66	50.71	4.61	1.32	6.15
	Conventionnel	Répétition1	205.33	22.36	2.93	5.86	28.26	6.99	1.05	6.03
		Répétition2	202.46	22.50	2.91	5.92	28.15	7.07	1.03	5.96
		Répétition3	202.08	22.66	2.99	5.83	28.16	3.60	0.27	2.94
	Conventionnel	Répétition1	265.36	16.67	1.27	4.77	31.53	5.49	1.10	4.47
		Répétition2	260.84	17.09	1.18	4.75	31.19	5.51	1.11	4.47
		Répétition3	261.32	17.07	1.15	4.77	31.20	5.57	1.03	4.48
	Conventionnel	Répétition1	303.76	16.90	1.89	4.50	50.02	7.51	1.17	7.02
		Répétition2	303.68	16.99	1.90	4.50	50.61	7.49	1.12	7.03
		Répétition3	299.53	17.07	1.97	4.50	49.80	7.50	1.10	7.00
Ouidah	Conventionnel	Répétition1	615.11	11.19	3.11	4.37	30.71	2.64	0.19	4.00
		Répétition2	613.62	11.13	2.97	4.35	30.61	2.62	0.21	4.03
		Répétition3	611.22	11.11	3.29	4.33	30.74	2.58	0.24	3.99

Annexe 4 : Cartes de répartition des exploitations maraîchères enquêtées et leurs sources d'approvisionnement en eau d'irrigation dans les Communes de Sèmè-Kpodji, Cotonou (site de Houéyiho) et Ouidah





Annexe 5 : Liste des modèles recommandés par la Commission européenne sur l'empreinte environnementale des produits / Product Environmental Footprint (PEF)

Recommendations at midpoint					
Impact category	Indicator	Unit	Recommended default LCIA method	Source of CFs	Robustness
Climate change	Radiative forcing as Global Warming Potential (GWP100)	kg CO ₂ eq	Baseline model of 100 years of the IPCC (based on IPCC 2013)	EC-JRC, 2017	I
Ozone depletion	Ozone Depletion Potential (ODP)	kg CFC-11 eq	Steady-state ODPs 1999 as in WMO assessment	EC-JRC, 2012	I
Human toxicity, cancer effects*	Comparative Toxic Unit for humans (CTU _h)	CTUh	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)	EC-JRC, 2012	III/interim
Human toxicity, non- cancer effects*	Comparative Toxic Unit for humans (CTU _h)	CTUh	USEtox model (Rosenbaum et al, 2008)	EC-JRC, 2012	III/interim
Particulate matter/Respiratory inorganics	Impact on human health	Deaths/ kg PM _{2.5} emitted	UNEP recommended model (Fantke et al 2016)	EC-JRC, 2017	I
Ionising radiation, human health	Human exposure efficiency relative to U ²³⁵	kBq U ²³⁵	Human health effect model as developed by Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)	EC-JRC, 2012	II
Photochemical ozone formation	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC eq	LOTOS-EUROS (Van Zelm et al, 2008) as applied in ReCiPe	EC-JRC, 2012	II
Acidification	Accumulated Exceedance (AE)	mol H ⁺ eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)	EC-JRC, 2012	II
Eutrophication, terrestrial	Accumulated Exceedance (AE)	mol N eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)	EC-JRC, 2012	II
Eutrophication, aquatic freshwater	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	fresh water: kg P eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009b) as implemented in ReCiPe	EC-JRC, 2012	II
Eutrophication, aquatic marine	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	fresh water: kg N eq	EUTREND model (Struijs et al, 2009b) as implemented in ReCiPe	EC-JRC, 2012	II

Recommendations at midpoint					
Impact category	Indicator	Unit	Recommended default LCIA method	Source of CFs	Robustness
Ecotoxicity (freshwater)*	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTU _e)	CTU _e	USEtox model, (Rosenbaum et al, 2008)	EC-JRC, 2012	III/interim
Land use	<ul style="list-style-type: none"> • Soil quality index • Biotic production • Erosion resistance • Mechanical filtration • Groundwater replenishment 	<ul style="list-style-type: none"> • dimensionless • kg biotic production/ (m²*a) • kg soil/ (m²*a) • m³ water/ (m²*a) • m³ groundwater/ (m²*a) 	<ul style="list-style-type: none"> • Soil quality index based on LANCA • LANCA (Beck et al. 2010) • LANCA (Beck et al. 2010) • LANCA (Beck et al. 2010) • LANCA (Beck et al. 2010) 	EC-JRC, 2017 Bos et al. 2016	III
	User deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)	m ³ world eq. deprived	Available Water REmaining (AWARE) Boulay et al., 2016	WULCA 2016	III
Biotic production	Abiotic resource depletion (ADP ultimate reserves)	kg Sb eq	CML 2002 (Guinée et al., 2002) and van Oers et al. (2002)	CFs from CML-IA method v. 4.8 (2016).	III
	Abiotic resource depletion – fossil fuels (ADP-fossil)	MJ	CML 2002 (Guinée et al., 2002) and van Oers et al. (2002)	CML-IA method v. 4.8 (2016)	III

* excluding long-term emissions (occurring beyond 100 years).

La liste complète des facteurs de caractérisation (EC-JRC, 2017) est disponible à : <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developer.xhtm>. En rouge : les différences par rapport au guide PEF (EC 2013). Tous les détails et références sont disponibles en EC (2018).

Annexe 6 : Retour de la démarche de sensibilisation des producteurs

Les résultats acquis ont été restitués aux producteurs et leur sensibilisation a été faite au cours de l'exécution du projet sur les bonnes pratiques améliorant les qualités nutritionnelles des productions maraîchères et limitant les risques de contamination induits par chacune des deux filières (conventionnelle et biologique) sur les sols et les eaux des nappes phréatiques, d'une part et sur les végétaux d'autre part. En effet, dans le système de maraîchage conventionnel, les producteurs visent une productivité élevée et se soucient moins de la réduction des risques sanitaires et environnementaux liés à l'utilisation des pesticides et des engrais chimiques. Du fait que de fortes teneurs en phosphates et en nitrates ont été retrouvées dans les eaux de la nappe phréatique, les producteurs ont été sensibilisés sur les intérêts de raisonner les doses d'application des engrais chimiques. Aucun résidu de pesticides n'a été détecté dans les échantillons d'eaux de la nappe prélevés sur les sites de production maraîchère. Néanmoins, en raison des mauvaises pratiques liées à l'utilisation des pesticides, les producteurs ont été sensibilisés sur l'intérêt de faire recours aux pesticides recommandés en maraîchage et le port d'équipements de protection individuelle appropriée lors de l'épandage de ces produits chimiques. Pour un maraîchage conventionnel limitant les risques sanitaires et

environnementaux, le MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche) à travers le Service de Protection des Végétaux et du Contrôle Phytosanitaire (SVPCP) doit mettre à disposition sur les marchés des équipements de protection individuelle et des pesticides efficaces et homologués pour la lutte contre les nuisibles de cultures maraîchères. Dans le système biologique, les producteurs qui sont pour la plupart regroupés au sein de l'AMAP-Bénin (Association pour le Maintien de l'Agriculture paysanne), pratiquent du maraîchage agroécologique dont la principale contrainte limitant sa promotion est la non-disponibilité en quantité suffisante des intrants organiques. Pour lever cette contrainte, au terme des travaux du présent projet, les producteurs ont été sensibilisés sur les bonnes pratiques de recyclage des produits résiduels organiques (les fientes de volaille, les bouses de vaches, le tourteau de neem, le tourteau de palmiste, etc.) dans les sols et l'utilisation de biopesticides pour contrôler les nuisibles des cultures maraîchères.

Lors de l'exécution du projet, des occasions d'échanges avec d'autres personnes et organismes ont eu lieu, notamment l'Unité de Production des cultures maraîchères de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (PCM/INRAB), le Laboratoire Central de Contrôle de la Sécurité Sanitaire des Aliments (LCSSA) sous tutelle du Ministre de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAEP) et la plateforme AgroEcoHealth de l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture).

Le PCM/INRAB est basé au CRA-Agonkanmey, a pour mission de : (1) générer des technologies en matière de production maraîchère ; (2) coordonner et capitaliser les acquis des recherches sur les cultures maraîchères ; et (3) contribuer à la diffusion des technologies éprouvées.

L'objectif général du PCM/INRAB est d'améliorer la productivité des cultures maraîchères par la mise à disposition des producteurs des technologies performantes et reproductibles. Cet objectif est décliné en objectifs spécifiques : (i) mettre à la disposition des producteurs des variétés améliorées et locales de cultures maraîchères adaptées aux conditions agro-écologiques du Bénin ; (ii) améliorer les techniques de production (fertilisation, protection phytosanitaire, irrigation etc.) ; (iii) produire des semences maraîchères pour un approvisionnement régulier des producteurs sur tout le territoire national ; et (iv) mettre à la disposition des producteurs des fiches techniques.

Le LCSSA/MAEP a pour mission de garantir au niveau national, régional et international la qualité des analyses relatives à la sécurité sanitaire des produits agricoles, agro-alimentaires et des intrants agricoles. En vue d'assurer la sécurité sanitaire et la qualité des aliments, le LCSSA est doté d'importantes techniques d'analyses et des équipements de dernière génération en phase avec les exigences des normes internationales. Il constitue l'un des plus grands laboratoires du genre en Afrique de l'Ouest et est accrédité BELAC/ISO/CEI 17025.

NB : pour rappel, c'est le LCSSA qui a fait les analyses de pesticides dans les échantillons de légumes et des eaux.

La plateforme AgroEcoHealth de l'IITA-Bénin s'intéresse aux thématiques relatives à l'agriculture-environnement-santé, et particulièrement à l'étude des impacts des pratiques culturales maraîchères sur la qualité des légumes, les sols et les eaux. Les travaux de recherches menés sur la plateforme depuis 2014 s'appesantissent sur les thématiques telles que : (1) l'évaluation de la contamination des produits maraîchers par les éléments traces métalliques (ETM), les résidus de pesticides et les micro-organismes pathogènes ; (2) la microcartographie des impacts des pratiques culturales sur les eaux de surface considérées comme l'habitat des moustiques : évaluation de la microdistribution des gîtes larvaires et la résistance des larves dans les eaux polluées par les pesticides ; (3) l'analyse bioécologique ; et (4) la description et la caractérisation du maraîchage biologique du point de vue de la perception des producteurs.